



Gesellschaft für  
Arbeitswissenschaft e.V.

## **Neue Arbeits- und Lebenswelten gestalten**

56. Kongress der  
Gesellschaft für Arbeitswissenschaft

IAD

Institut für Arbeitswissenschaft der  
Technischen Universität Darmstadt

24. bis 26. März 2010

---

**GfA Press**

---

Bericht zum 56. Arbeitswissenschaftlichen Kongress vom 24. - 26. März 2010  
an der Technischen Universität Darmstadt, herausgegeben von der  
Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e. V.

Dortmund: GfA-Press, 2010

ISBN 978-3-936804-08-9

NE: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft: Jahresdokumentation

Als Manuskript gedruckt. Diese Schrift ist nur bei der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V., Ardeystraße 67, D-44139 Dortmund, erhältlich.  
E-Mail: [gfa@ifado.de](mailto:gfa@ifado.de), Internet: [www.gfa-online.de](http://www.gfa-online.de)

Alle Rechte vorbehalten.

© **GfA-Press, Dortmund**

**Schriftleitung: Martin Schütte**

im Auftrag der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.

Ohne ausdrückliche Genehmigung der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V. ist es nicht gestattet, die Broschüre oder Teile daraus in irgendeiner Form (durch Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren) zu vervielfältigen.

Druck: City-Druck Heidelberg

Printed in Germany





Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.

Jahresdokumentation 2010

# **Neue Arbeits- und Lebenswelten gestalten**

Bericht  
zum 56. Kongress der  
Gesellschaft für Arbeitswissenschaft  
vom 24. - 26. März 2010



## Inhaltsverzeichnis

### Plenarvorträge

Modellierung von Personen in Werkzeugen der Digitalen Fabrik <i>Gert ZÜLCH</i>	19
Neue Arbeits- und Lebenswelten gestalten <i>Ralph BRUDER</i>	29
Wissenschaftliche Politikberatung und ihre Anforderungen an die Arbeitswissenschaft <i>Isabel ROTHE und Beate BEERMANN</i>	33
„Arbeitswissenschaft und Nachhaltigkeit: eine strategische Option?“ <i>Klaus J. ZINK</i>	37

### Zukünftige Arbeitswelten

Visualisierung am Arbeitsplatz – Ein signifikantes Innovations- und Produktivitätspotenzial <i>Udo-Ernst HANER, Dieter SPATH, Wilhelm BAUER, Jan-Paul LEUTERITZ, Silka HOFFMANN und Nikolay DREHAROV</i>	45
Information Work 2009Plus – Über die Potenziale von Informations- und Kommunikationstechnologien bei Büro- und Wissensarbeit <i>Jörg KELTER</i>	49
Führung bei mobiler Arbeit durch informationstechnische Führungssubstitute <i>Markus KOHN</i>	53
Bedarf für ein sensorbasiertes, computergestütztes Störungs-Management-System <i>Matthias KROPFF, Wolfgang ELLERMEIER, Victoria THIO, Florian KATTNER, Michael GRÄF und Ralf STEINMETZ</i>	57
Datenbrillen – Aktueller Stand von Forschung und Umsetzung sowie zukünftige Entwicklungsrichtungen <i>Katy VÖLKER, Lars ADOLPH, Marlene PACHARRA und Armin WINDEL</i>	61
Ambient Intelligence (Aml) – Neue Technologien und Dienstleistungen als Treiber innovativer Produkte und Arbeitssysteme <i>Ranjana SARKAR und Armin WINDEL</i>	67
Lichtdynamik am Wissensarbeitsplatz der Zukunft <i>Oliver STEFANI, Matthias BUES, Achim PROSS, Katrin HILLE und Dieter SPATH</i>	71
Entwicklung eines heuristischen Modells zur Bestimmung von Strukturtypen globaler und virtueller Kooperationen <i>Thomas RYSER, Hartmut SCHULZE, Yannick TURKIER, Charles HUBER, Heinz MÜLLER, Christian LEUTHOLD, Albert VOLLMER und Sarah SEYR</i>	75
Arbeitsgestaltung in Netzwerken <i>Marlene HELFERT, Rolf HELBIG und Ralph BRUDER</i>	79

Förderung von Interaktion und Wissensaustausch in global agierenden Teams am Beispiel eines Konzerns im IT-Service Bereich	83
<i>Verena JORDAN, Sonja SCHMICKER, Ernst HARTMANN, Karl-Albert BEBBER und Jürgen SCHMIDT</i>	
 Fahrzeuergonomie	
Biomechanische Beurteilung des Ein- und Ausstiegs am PKW	89
<i>Raphael BICHLER, Ansgar SCHWIRTZ, Ralf KAISER und Max AMERELLER</i>	
Sitzkomfort – welchen Einfluss hat das Untersuchungsszenario auf die Bewertung?	93
<i>Bettina ABENDROTH und Ralph BRUDER</i>	
Müdigkeitsbewertung bei Fahrversuchen mit Hilfe einer Videoanalyse	97
<i>Klaus FUCHS, Thomas SCHRAMM und Ralph BRUDER</i>	
Probandenstudie zur Ermittlung der Adequate Overtaking Margin (AOM) für die Fahrerassistenz in Überholsituationen	101
<i>Andree HOHM und Hermann WINNER</i>	
Fahrsimulatorstudie zur Untersuchung der Ausgabe von Hilfeinformationen für die Bedienung eines menübasierten Fahrzeuginfotainmentsystems	105
<i>Günter HORNA, Peter OEL, Roland SPIES und Heiner BUBB</i>	
Parametrierung eines Schaltpunkthinweises am aktiven Gaspedal und Bestimmung des Potentials zur Verbrauchsreduzierung	109
<i>Christian LANGE, Gregor SCHMITT, Antonio ARCATI, Klaus BENGLER und Heiner BUBB</i>	
Objektivierung des Tragekomforts von Sicherheitsgurten	115
<i>Stephan LORENZ, Andreas LÖCHERER, Marco JOCHMANN, Stephan SCHWALD, Christian MERGL und Heiner BUBB</i>	
Ein Zeitkonzept für die Unterstützung vorausschauenden Fahrens	119
<i>Darya POPIV, Mariana RAKIC, Klaus BENGLER und Heiner BUBB</i>	
Haptisches Touchpad - Zentrales Infotainmentbedienteil mit adaptiv haptisch veränderlicher Oberfläche	123
<i>Roland SPIES, Günter HORNA, Heiner BUBB, Werner HAMBERGER und Klaus BENGLER</i>	
Innovatives Bedien-Anzeige-Konzept am Beispiel „Re3“	127
<i>Gert-Dieter TUZAR</i>	
Methodische Ansätze zur Sichtbeurteilung im Fahrzeug	131
<i>Lars WOYNA, Stefan GLOGER und Ralph BRUDER</i>	
Ergotyping-Tool „Sichtbewertung“	135
<i>Christiane KAMUSELLA und Martin SCHMAUDER</i>	
Präsenz in virtuellen Umgebungen: Nachweis realitätsnaher Haltungsänderungen beim Spurwechsel in einer Fahrsimulation	139
<i>Dietmar GUDE, Peter HOFMANN und Gerhard RINKENAUER</i>	
The influence of vehicle speed on gaze strategies while driving through a curve	143
<i>Philipp SURY, Pier-Paolo MONTICONE, Philippe BLUM and Marino MENOZZI</i>	
Response Priming in einer Spurwechselaufgabe	147
<i>Peter HOFMANN, Dietmar GUDE und Gerhard RINKENAUER</i>	

## Innovative Gestaltungskonzepte

Nutzbarkeit taktiler Touchdisplays im Fahrzeug <i>Michaela KAUER, Michael SCHREIBER, Stephan HAKULI, Ralph BRUDER und Ahmed BASHA</i>	153
Bedienelemente hochautomatisierter Fahrzeuge – Studie zum haptischen Kanal als Kommunikationsmedium <i>Daniel DAMBÖCK, Martin KIENLE und Klaus BENGLER</i>	157
Conduct-by-Wire: Evaluation von teilautonomer Fahrzeugführung mit Hilfe der Wizard of Oz-Technik <i>Michael SCHREIBER, Michaela KAUER, Stephan HAKULI und Ralph BRUDER</i>	161
Wie erkunden wir die Lebenswelt kooperativer Technik? Skizze des Gestaltungsraums haptisch-multimodaler Kopplung Mensch, Co-Automation und Regelstrecke als Teil einer kooperativen Bewegungsbeeinflussung <i>Frank FLEMISCH, Johann KELSCH, Matthias HEESSEN und Christian LÖPER</i>	165
Konzept zur 4D-Verkehrsführung durch automatisierte Rollwegbefeuerung <i>Carole URVOY, Christian DREGE, Sandra HEUSEL und Uwe KLINGAUF</i>	171
Chancen und Herausforderungen neuer Anzeigeconzepte auf Basis cockpitfüllender Anzeigen in der zivilen Luftfahrt <i>Christian DREGE und Uwe KLINGAUF</i>	175
Augmented Identity - persönliche mobile Vernetzung in digitalen Umgebungen <i>Dieter SPATH, Andreas SCHULLER, Roland BLACH, Jörg FROHNMAYER, Fabian HERMANN und Thorsten KLEIN</i>	181
Simulation menschlicher Kognition in selbstoptimierenden Montagesystemen <i>Marcel Ph. MAYER, Barbara ODENTHAL, Marco FABER, Wolfgang KABUSS, Nicole JOCHEMS und Christopher M. SCHLICK</i>	185
Innovationsstrategien jenseits traditionellen Managements - Innovationen realisieren – Kompetenzen entwickeln <i>Arno GEORG, Heike JACOBSEN und Milena JOSTMEIER</i>	189
Zur Bedeutung der Ästhetik in der Analyse und der nachhaltigen Gestaltung betrieblicher Arbeitskontexte <i>Wolfgang ARENS-FISCHER, Eva RENVERT und Bernd RUPING</i>	195
Einfluss der Bildschirmposition auf die Fehlererkennung in einem Montagebauteil <i>Barbara ODENTHAL, Marcel Ph. MAYER, Wolfgang KABUSS und Christopher M. SCHLICK</i>	203
Kollaborative offene Innovationen auf Mitarbeiterebene in Netzwerken kleiner und mittlerer Unternehmen (KMU) – Web 2.0 als Wegbereiter einer modernen Arbeitswelt? <i>Nadine LINDERMANN, Sylvia VALCÁRCEL und Harald F.O. VON KORTZFLEISCH</i>	207
IT-basierte, gemeinschaftsgestützte Innovationsentwicklung für Softwareunternehmen <i>Jan Marco LEIMEISTER, Ivo BLOHM, Ulrich BRETSCHEIDER, Michael HUBER und Helmut KRCMAR</i>	211
Notwendigkeit eines Safety Management Systems SMS in komplexen Organisationen, am Beispiel der DFS <i>Hans-Jürgen MORSCHECK</i>	215
Vom Human Error zur Performance Variabilität <i>Jörg LEONHARDT</i>	219

Der Human Factors Case und seine Anwendung bei Systementwicklungen - erste Erfahrungen bei der DFS	223
<i>Stefan TENOORT und Alexander HEINTZ</i>	
Der DFS Design Process Guide zur Gestaltung von Arbeitsplätzen in der Flugsicherung	227
<i>Ralph BRUDER und Jörg LEONHARDT</i>	
Fluglotsen-Arbeitsplätze der Zukunft	231
<i>Christina KÖNIG, Andreas RÖBIG, Thomas HOFMANN, Jörg BERGNER und Ralph BRUDER</i>	
Wurzeln von User-Centered und Human-Centered Design, deren Interpretationen und Anwendungen in der Praxis	235
<i>Sabine JUNGINGER</i>	
Usability eines 3D-Interfaces zur Visualisierung von Informationssystemlandschaften	239
<i>Thorsten SPIES und Thomas HOFMANN</i>	
Sitzbasierte Steuerung von Desktopapplikationen und eine ergonomische Bewertung	243
<i>Jan BRAUER und Steffi BECKHAUS</i>	
My.Interaction – Neue Entwicklungen in der Individualisierung web-basierter Medienangebote	249
<i>Arne KITTLER</i>	
Emotionalisierung in der Ergonomie – Kognitive Interdependenzen zwischen Ergonomie und Marketing	253
<i>Björn WELZEL und Jonas MICHELS</i>	
Müssen Arbeitsplätze schön sein? – Zum Einfluss von Raumästhetik auf das Wohlbefinden	257
<i>Uwe RÖTHER</i>	
Leistungserhaltung auf trittelastischen Bodenmatten?	261
<i>Michaela HÖGLINGER</i>	
Berücksichtigung des Arbeitsplatzbedarfs für einsatzkritische leistungsgewandelte Mitarbeiter im Planungsprozess	265
<i>Thomas BOGUS und Rudolf DORN</i>	
Auslegung von Arbeitsplätzen für Tunnelüberwachungsanlagen und Verkehrsleitzentralen	269
<i>Severina POPOVA, Dino BORTOT, Iwona JASTRZEBSKA-FRACZEK und Klaus BENGLER</i>	
Gestaltung ganzheitlicher Produktionssysteme – nachhaltig und beteiligungsorientiert	273
<i>Detlef GERST</i>	
Arbeitswissenschaftlich und betriebswirtschaftlich begründete Flexibilisierungslösungen für den Personaleinsatz in kleinen und mittleren Unternehmen	277
<i>Silke SCHRÖDER, Sonja SCHMICKER, Winfried GLÖCKNER und Dieter WAGNER</i>	
Ziel-Zustand – zwischen Herausforderung und Motivation	283
<i>Sabine HEMPEN, Sebastian KLEINT, Jochen DEUSE und Jürgen WEGGE</i>	
Aufbau organisationaler Kompetenzen für die beschleunigte Umsetzung neuer Technologie in Hightech-Unternehmen	289
<i>David KREMER und Jens LEYH</i>	
Fehlermanagement im Baubetrieb – eine Analyse der Fehlerstruktur im Vorfeld eines organisatorischen Lösungsansatzes	293
<i>Ursula RAMI, Erich KREMSMAIR und Hanns Peter EULER</i>	

Das Projekt balance.arbeit – Flexibilität und prospektives Ressourcenmanagement <i>Carolina BAHAMONDES PAVEZ, Nina SCHIML und Stephan HINRICHS</i>	297
cADP- Ergonomie im interdisziplinären Kontext <i>Alexandra FEITH, Christina KÖNIG, Jürgen RAMBO, Marc RICHTER, Susanne NASS und Christian GEIS</i>	301
Projekthaus METEOR® - Forschen und Arbeiten in der Arbeitswelt von Morgen <i>Stev GLÖCKNER und Birgit SPANNER-ULMER</i>	305
Vielfalt in Unternehmen – vom Problemfall zur Potenzialbetrachtung <i>Heiner MINSEN, Mara ERLINGHAGEN und Patricia SCHÜTTE</i>	309
Präventive Umsetzung arbeitswissenschaftlicher Erkenntnisse im Planungsprozess <i>Martin SCHMAUDER und Thomas FINSTERBUSCH</i>	313
High speed and high accuracy accommodation tracker <i>Pier Paolo MONTICONE and Marino MENOZZI</i>	317
Synchrone und normkonforme Messdatenerfassung und -auswertung mit der Dikablis & D-Lab Soft- und Hardwareumgebung zur Blick- und Verhaltensforschung <i>Christian LANGE, Martin WOHLFARTER, Heiner BUBB und Klaus BENGLER</i>	321

## Nachhaltigkeit

Nachhaltige Prozessorientierung in Gesundheitseinrichtungen – Medizinisches Dienstleistungssystem „proLIFE“ <i>Sabine KRAUSE und Birgit SPANNER-ULMER</i>	327
Das arbeitspolitische Rahmenkonzept zur Entwicklung und Förderung der Beschäftigungsfähigkeit in Nordrhein-Westfalen <i>Gottfried RICHENHAGEN</i>	331
Auswirkungen der Wirtschaftskrise auf Bedingungen für die Beschäftigungsfähigkeit am Beispiel eines Automobilzulieferunternehmens <i>Falk RICHTER</i>	335
Verbesserung beruflicher Teilhabemöglichkeiten für Menschen mit Behinderungen - Ein Benchmarking-Ansatz zur Verbesserung der Qualität rehabilitativer Dienstleistungen in Werkstätten für behinderte Menschen <i>Harald WEBER, Frank EIERDANZ und Annette BLAUDSZUN-LAHM</i>	339
Beanspruchung, Gesundheit, Lebensqualität und Produktivität der Metall- und Stahlindustrie und des Maschinen- und Anlagenbaus – Basisanalyse und Maßnahmeneffekte <i>Roland ERNST, Inge KARAZMAN, Theresia GABRIEL, Ina LUKL, Thomas MUHR, Helmut STADLBAUER, Veronika ULRICH, Matthias WELKENS und Rudolf KARAZMAN</i>	343
Belastungs- und Beanspruchungsgeschehen unter Migrationsaspekten <i>Claudia OLDENBURG</i>	349
Kultureller Einfluss auf das Erlernen sensumotorischer Fertigkeiten <i>Tim JESKE, Marcel Ph. MAYER, Barbara ODENTHAL, Katharina HASENAU und Christopher M. SCHLICK</i>	355
Interkulturelle Kompetenz und kulturelle Anpassung - eine empirische Untersuchung der Einflussfaktoren interkulturellen Erfolgs bei Expatriates <i>Petia GENKOVA und Katrin HUBER</i>	359

Der Einfluss interkultureller Unterschiede auf das Arbeitsleben <i>Ralph HENSEL und Birgit SPANNER-ULMER</i>	363
Lernförderlichkeit und Arbeitsintensität als Einflussfaktoren auf den Erhalt beruflicher Handlungskompetenz über die Spanne des Erwerbslebens <i>Falk RICHTER</i>	367
Arbeitsprozessorientierte berufsbegleitende Hochschulweiterbildung für die Bereiche der Mikrotechnologien <i>Stefan BRÄMER, Thomas BRÄMER, Sören HIRSCH und Bertram SCHMIDT</i>	371
Kompetenzermittlung und -erweiterung als Basis lebenslangen Lernens – unter besonderer Berücksichtigung informell erworbener Kompetenzen <i>Franz J. HEEG</i>	375
Erfassung der Effekte von Bildungsmaßnahmen aus bildungsökonomischer Perspektive – Chancen und Grenzen <i>Claudia KORING</i>	379
Lebenslanges Lernen im Unternehmen – ein Best-Practice-Beispiel <i>Hermann MITTERHOFER, Maria STIPPLER und Stefanie GROPPÉ</i>	383
Erfahrungswissen in der „einfachen Arbeit“ <i>Irene STROOT</i>	387
Begabtenförderung in der Ukraine und Linguistik <i>Volodymyr VOLYK</i>	391
Untersuchung von Geigenspiel – Vibrationsempfindung, Klang und Hörwahrnehmung <i>Marlene HELFERT, Martin LANDZETTEL, Sebastian BUCKERT, Holger HANSELKA und Ralph BRUDER</i>	395
Getting the Feeling – “Human Error” in an educational ship handling simulator <i>Marcus ARENIUS, Georgios ATHANASSIOU and Oliver STRÄTER</i>	401
Systemergonomische Konzepte für den Entwurf effektiver Lerneinheiten <i>Herbert RAUSCH</i>	405
Vereinbarkeit von Berufs- und Privatleben im Krankenhausbereich durch Gestaltung sozialverträglicher Arbeitszeiten <i>Thilo GAMBER, Mikko BÖRKIRCHER und Gert ZÜLCH</i>	409
Arbeitszeit und Lebenszeit. Auswirkung des Wandels der Zeitauffassung auf das betriebliche Miteinander <i>Detlev JUNG und Johannes JUNG</i>	413
Effekte der Arbeitszeitgestaltung auf die Work-Life-Balance und psychovegetative Beeinträchtigungen <i>Anna WIRTZ und Friedhelm NACHREINER</i>	417
Feierabend ist Feierabend! – Strategien zur Trennung von Arbeit und Privatleben und deren Einfluss auf psychische Gesundheit und Leistungsfähigkeit <i>Sascha HAUN, Verena C. HAHN, Carmen BINNEWIES, Grit CARRAS, Christian DORMANN und Uwe SCHMIDT</i>	421
Mangelnde Work-Life Balance und muskuloskelettale Beschwerden <i>Oliver HÄMMIG, Michaela KNECHT, Rebecca BRAUCHLI und Georg BAUER</i>	425
Wechselwirkungen zwischen beruflicher und außerberuflicher Lebenswelt bei Mitarbeitern des Dienstleistungsbereichs <i>Patricia STOCK, Daniel SCHMIDT, Michael LEUPOLD und Gert ZÜLCH</i>	429



Arguments of “Ergonomics and design for sustainability”	433
<i>Giuseppe DI BUCCHIANICO and Antonio MARANO</i>	
Human Factors and Sustainable Development – Some Lessons from Human Factors and Safety Management	437
<i>Roland AKSELSSON</i>	
Social sustainability through occupational health and safety prevention in the construction industry	441
<i>Constantin T. MANOLACHE, Sylvie NADEAU and Jean ARTEAU</i>	
Design for disassembly and ergonomically designed workstations at BMA Ergonomics	445
<i>L.H.M. van der DOELEN</i>	
Social Sustainability in Global Value Creation: Contributions of Ergonomics Interventions	449
<i>Klaus FISCHER, Christine HOBELSBERGER and Klaus J. ZINK</i>	
Der Begriff „Humankapital“ und sein Bezug zur Arbeitswissenschaft	453
<i>Regina OSRANEK und Klaus J. ZINK</i>	
The contribution of auditing and monitoring within Ergonomics	457
<i>Christian VON MITZLAFF</i>	
Integration of safe work process at the design stage: Access at height for safety and productivity	461
<i>Jean ARTEAU</i>	
Ganzheitliche Prozessplanung mit MTM – Chancen und Möglichkeiten	467
<i>Bernd BRITZKE und Holger NADUSCHEWSKI</i>	
Anforderungen an das Industrial Engineering (IE) in Deutschland – Renaissance oder Neudefinition?	471
<i>Johannes BROMBACH, Michael SAUTER und Sascha STOWASSER</i>	
Integrating lockout/tagout with operational risks: the passive redundancy case	475
<i>Behnam EMAMI-MEHREGANI, Sylvie NADEAU and Jean-Pierre KENNÉ</i>	
Prozessmodellierungssprachen für kleine und mittlere Unternehmen	483
<i>Alexander NIELEN, Tim JESKE, Katrin ARNING und Christopher M. SCHLICK</i>	
Betriebsräte als kompetente Gestaltungspartner für "Gute Arbeit": ein Seminarkonzept zur Vermittlung von Kurzverfahren der Arbeitsanalyse	487
<i>Wolfgang KÖTTER</i>	
Balanceorientierte Leistungs politik – Betriebliche und individuelle Ansätze zur Work-Life-Balance: Das Projekt LANCEO	491
<i>Wolfgang MENZ, Barbara WILDE, Nick KRATZER und Stephan HINRICHS</i>	
 <b>Gesundheitsmanagement</b>	
Wettbewerbsvorteile durch Gesundheitskultur und Gesundheitsmanagement	497
<i>Sibylle ADENAUER und Sascha STOWASSER</i>	
Gesunde Verwaltung – Modernes Gesundheitsmanagement am Beispiel der Stadtverwaltung Aachen	501
<i>Astrid BRAMMERTZ</i>	

Projekt BiG (Benchmarking in einem Gesundheitsnetzwerk): Gestaltung eines nachhaltigen Gesundheitsmanagements und dessen Auswirkung auf die Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen	505
<i>Veronika BÜCH, Eva Maria SCHRAUB, Ralf STEGMAIER und Karlheinz SONNTAG</i>	
Arbeitssicherheit und Gesundheit im Unternehmen - Selbstbewertung und Benchmarking	509
<i>Martin SCHMAUDER, Gritt OTT und Hanka HOFFMANN</i>	
Gestufte Verbreitungsstrategien am Beispiel der Integration von Tabakprävention in ein umfassendes betriebliches Gesundheitsmanagement	513
<i>Susanne HOFFMANN, Verena A. FRIEDRICH, Adrian BRÜGGER, Katharina LEHMANN und Georg F. BAUER</i>	
Workflow-Management im Krankenhaus: Neue Lösungsansätze zur Analyse der Mensch-Maschine-Interaktion	517
<i>Stefan PFEFFER und Thomas MAIER</i>	
 <b>Psychische Belastung</b>	
Veränderungsbereitschaft und Gesundheitsorientierung als zentrale Konstrukte im Rahmen von organisationalen Stressmanagement-Interventionen	523
<i>Frithjof MÜLLER, Gregor J. JENNY und Georg F. BAUER</i>	
Belastungs- und Beanspruchungsanalyse im Bereich Netzfürung einer Energieversorgungsgesellschaft	527
<i>Verena BOPP, Yvonne FERREIRA, Rolf HELBIG und Ralph BRUDER</i>	
Prädiktionsmodelle zu Gelenkbeschwerden und Niedergeschlagenheit bei der Arbeit in der Produktion	531
<i>Wolfgang SLESINA und Astrid FINK</i>	
Moderatoreffekte von kognitiven Kontrolldefiziten auf den Zusammenhang zwischen Impulskontrolle, emotionaler Dissonanz und Burnout	535
<i>Stefan DIESTEL und Klaus-Helmut SCHMIDT</i>	
Bedingungsbezogene Analyse und Bewertung von Handelstätigkeiten mit dem TA-DD	539
<i>Kristin GILBERT</i>	
Entwicklung einer Methode zur Beurteilung psychosozialer Belastungen in der öffentlichen Verwaltung mit Bürgerkontakt	543
<i>Anja KÖHLER</i>	
Innovationsarbeit: Psychische Belastungen und ihre Auswirkungen auf die Gesundheit der Beteiligten	547
<i>Horst KUNHENN, Thomas KLEY und Christina LÜCKE</i>	
Personalflexibilität im Einzelhandel	551
<i>Ulrike PIETRZYK und Winfried HACKER</i>	
Analyse der Belastungs-Beanspruchungs-Situation von Triebfahrzeugführern	555
<i>Jing QIU, Rolf HELBIG und Ralph BRUDER</i>	
Wen kümmert es, wie es mir geht? Psychosoziales Sicherheitsklima am Arbeitsplatz und dessen Auswirkungen auf Gesundheit und Wohlbefinden	559
<i>Barbara ZIMMERMANN und Sascha HAUN</i>	
CISM - Critical Incident Stress Management	563
<i>Jörg LEONHARDT und Joachim VOGT</i>	

Qualitätsmanagement zwischen Mitarbeiterbindung und lernförderlicher Organisation <i>Martin KRÖLL</i>	567
Zum Zusammenhang zwischen Mehrarbeit, Personalstand und krankheits- und unfallbedingten Ausfallzeiten – Ergebnisse einer zeitreihenanalytischen Untersuchung in einem Betrieb der Automobilindustrie <i>Gunnar HOYER und Friedhelm NACHREINER</i>	575
Ökonomie experimentalpsychologischer Messung im Anwendungskontext <i>Edmund WASCHER und Sven HOFFMANN</i>	579
Psychophysiologische Effekte emotionaler Dissonanz unter Berücksichtigung von Trait Anger <i>Myriam N. BECHTOLDT, Sonja ROHRMANN und Dieter ZAPF</i>	583
Kontrollspielräume als protektive Ressource bei Emotionsarbeit <i>Stefan DIESTEL und Klaus-Helmut SCHMIDT</i>	587
Kundenbezogene soziale Stressoren und ihre Konsequenzen für die betroffenen Dienstleister <i>Sarah DUDENHÖFFER und Christian DORMANN</i>	591
Technikstress – eine Beanspruchung an modernen Arbeitsplätzen – Evaluation einer Messmethode in konkreten Arbeitssituationen <i>Annette HOPPE und Frank HOLZBECHER</i>	595
Beanspruchungswirkungen von Selbstkontrollanforderungen bei der Arbeit: Affektive Organisationsbindung als protektive Ressource <i>Klaus-Helmut SCHMIDT und Stefan DIESTEL</i>	601
Beanspruchungswirkungen von Selbstkontrollfähigkeit und Selbstkontrollanforderungen <i>Marlen HUPKE und Klaus-Helmut SCHMIDT</i>	605
„Zum Schreiben komme ich einfach nicht ...“ – Zwanghaftes Aufschiebeverhalten als Hemmnis in der Karriere von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern: Zu Entstehung und Bewältigung von Prokrastination <i>Andrea WITTICH</i>	609
Interdisciplinary Methods for Stress and Strain Analysis <i>Yvonne FERREIRA, Verena BOPP und Rolf HELBIG</i>	613
Untersuchung der psychischen Belastung von Kundenbetreuern in Zügen <i>Luciana SICA, Jing QIU, Rolf HELBIG und Ralph BRUDER</i>	617
<b>Belastungsanalyse</b>	
Dialogorientierte Gefährdungsbeurteilung für nichtstationäre Arbeitsplätze – Konzept und Erfahrungen mit einem handwerksgerechten Werkzeug <i>Albert RITTER und Achim SCHULTE</i>	623
Systemgestaltung durch Kombination mentaler Belastungsanalyse und Blickbewegungsaufzeichnung <i>Oliver STRÄTER, Servet GÜNEBAK und Sebastian ALLGAIER</i>	627
Kompatibilität von Ratingskalen zur Ermittlung der Lästigkeit arbeitsumgebungsbezogener Belastungsgrößen <i>Martin SCHÜTTE, Stephan SANDROCK und Barbara GRIEFAHN</i>	631
Ein methodenbasierter Ansatz zur Messung von Gelenkmomenten <i>Fabian GÜNZKOFER, Florian ENGSTLER, Heiner BUBB und Klaus BENGLER</i>	635

## Arbeitszeit

Gefährdungsbeurteilung anhand von Merkmalen der Arbeitszeit	641
<i>Ole DITTMAR, Carsten SCHOMANN und Friedhelm NACHREINER</i>	
Zur prognostischen Validität des Fatigue und Risk Indexes (FRI) zur Vorhersage von gesundheitlichen Beeinträchtigungen und Sicherheitsrisiken aus den Arbeitszeiten	645
<i>Jana GREUBEL, Friedhelm NACHREINER und Ole DITTMAR</i>	
e-Shift-Design - Praxishilfe zur anforderungsgerechten und ergonomischen Schichtplanung	649
<i>Frank LENNINGS, Klaus HÖFER und Thorsten HOLZHÄUSER</i>	
Entwicklung eines Internetportals zur gesundheitsfördernden und sozialverträglichen Arbeitszeitgestaltung	653
<i>Carsten SCHOMANN, Ole GIEBEL und Friedhelm NACHREINER</i>	

## Umgebungsbelastung

Thermophysiologische Beanspruchung durch Arbeit in Schutzkleidung - Resultate eines europäischen Verbundprojekts	659
<i>Peter BRÖDE und THERMPROTECT network</i>	
Geschlechtsspezifische Analyse der subjektiv beurteilten Auswirkungen von Kältearbeit	663
<i>Mario PENZKOFER, Karsten KLUTH und Helmut STRASSER</i>	
Vergleich des Klimaindex UTCI mit international standardisierten Verfahren zur Bewertung von Hitze- und Kältebelastungen	667
<i>Peter BRÖDE und Bernhard KAMPMANN</i>	
Der Anteil von thermischen Pulsen an der Herz-Kreislauf-Beanspruchung während Grubenwehrübungen	671
<i>Bernhard KAMPMANN und Georg BRESSER</i>	
Sprachverständlichkeit als Führungsgröße zur Gestaltung von Büroumgebungen: Hinweise aus Feld- und Laboruntersuchungen	675
<i>Andreas LIEBL</i>	
Reduzierte kognitive Leistung aufgrund mangelhafter Akustik in Büroumwelten: Implikationen ausgewählter Laborexperimente für eine zukunftsweisende akustische Gestaltung	679
<i>Sabine J. SCHLITTMEIER</i>	
Experimentelle Untersuchungen zur Wirkung nächtlicher Lärmbelastungen auf die Cortisol-Aufwachreaktion	683
<i>Barbara GRIEFAHN, Sibylle ROBENS und Anke MARKS</i>	
The role of refractive error in visual performance	689
<i>Marino MENOZZI and Esther BAUMER</i>	
Individuals' preferences for head and eye movements and their choices between different progressive lens designs	693
<i>Philipp SURY, Esther BERGANDE and Marino MENOZZI</i>	
Eye stress, flickering and microfluctuations	697
<i>Pier Paolo MONTICONE and Marino MENOZZI</i>	

## Prävention von MSE, berufliche Rehabilitation und Arbeit im Gesundheitswesen

Repetitive Strain Injuries (RSI): Ansprüche, Mythen, Fakten und Rückfallprophylaxe <i>Hardo SORGATZ, Henriette REINECKE und Kerstin WOLL</i>	703
Präsentismus und Muskel-Skelett-Beschwerden <i>Joachim VOGT und Melanie SCHNEE</i>	707
Der Einfluss von vier unterschiedlichen Pointing Devices auf muskuläre Aktivierung, Performance und Befindlichkeit im Fitt's- Law-Paradigma. <i>Oliver CHRIST, Arne SEEHAUS, Tim EWALD und Katrin SCHÄFER</i>	711
Wie wirksam sind physiotherapeutische Verfahren bei chronischen Rückenschmerzen? <i>Christoph WEBER, Henriette REINECKE, Sonja KUGLER, Veronika LINDEMANN, Anne RICHARD und Aaroun SCHABEL</i>	715
„PROFITS“ – Prävention muskuloskeletaler Beschwerden am PC-Arbeitsplatz <i>Henriette REINECKE, Hardo SORGATZ, Kerstin WOLL, Hanna WEHREND und Christiane WÖHRLE</i>	719
Muskel-Skelett-Prävention bei Beschäftigten mit körperlichen Belastungen unter dem Schwerpunkt des demographischen Wandels <i>Bernd HARTMANN</i>	723
Der Dortmunder Denkansatz – Prävention biomechanischer Überlastungen der Lendenwirbelsäule bei Patiententransfers <i>Matthias JÄGER, Andreas THEILMEIER, Claus JORDAN, Stefan KUHN, Norbert WORTMANN und Alwin LUTTMANN</i>	727
Kniegelenksarthrose: Zeichnen sich physische Belastungen in einem spezifischen Schadensbild ab? <i>André KLUSSMANN, Hansjürgen GEBHARDT, Falk LIEBERS, Emilio QUIROS PEREA, Hannes BORCH und Monika A. RIEGER</i>	731
INQA-Vorhaben „Betriebliche Beratungs- und Unterstützungsangebote zur Prävention von Beschwerden des Hand-Arm-Systems“ <i>Silke PARITSCHKOW, Wilfried PRESCHER, Martin SCHMAUDER, Ralf BRUDER und Jurij WAKULA</i>	735
Untersuchung des Einflusses von Griff-/Kontaktbedingungen bei Clipsverbindungen auf die Montagezeit <i>Hamed SALMANZADEH, Marianela DIAZ MEYER, Kurt LANDAU und Ralph BRUDER</i>	739
Bildungsmaßnahmen in der beruflichen Rehabilitation: Werden die Ziele erreicht? <i>Wolfgang SLESINA</i>	743
Medizinisch Berufliche Rehabilitation: Konzept, Leistungsangebot und Outcome-Evaluation <i>Johannes KIESEL</i>	747
Belastungskataster der medizinisch-berufsorientierten Rehabilitation im Vergleich mit dem DGB-Index <i>Regina BRAUCHLER, Kurt LANDAU, Angelika PRESL und Johannes KIESEL</i>	751
Muskel-Skeletterkrankungen im Spiegel physischer Belastungsfaktoren <i>Kurt LANDAU, Angelika PRESL, Johannes KIESEL, Regina BRAUCHLER und Marianela DIAZ MEYER</i>	757

Wertschätzung und Dienstleistungsstolz aus der Sicht von Pflegekräften in somatischen und psychiatrischen Krankenhäusern	761
<i>Peter KUHNERT, Barbara HINDING, Selda AKCA, Marion SPANOWSKI und Michael KASTNER</i>	
Bedingungsbezogene Analyse subjektiv erfasster Tätigkeitsaspekte im Krankenhaus	767
<i>Stephan SANDROCK und Martin SCHÜTTE</i>	
Erholung während der Arbeit: Pausenmanagement von Ärztinnen und Ärzten	773
<i>Kerstin ENSINGER, Tobias STÄCHELE und Heinz SCHÜPBACH</i>	
Workload und Strategien der Emotionsregulation bei Klinikärztinnen und –ärzten	777
<i>Tobias STÄCHELE, Kerstin ENSINGER und Heinz SCHÜPBACH</i>	
Zeitstudien in der Zahnarztpraxis als Teil des Gesundheitsmanagements	781
<i>Hansjürgen GEBHARDT, Bernd NEUMANN und Victor P. MEYER</i>	
Belastung der Lendenwirbelsäule beim Transfer von schwergewichtigen Patienten	787
<i>Claus JORDAN, Andreas THEILMEIER, Norbert WORTMANN, Stefan KUHN, Alwin LUTTMANN und Matthias JÄGER</i>	
Entscheidungsunterstützung zur montagegerechten Prozessgestaltung	791
<i>Thomas KUNZE und Birgit SPANNER-ULMER</i>	
 <b>Altersdifferenzierte Arbeitssystemgestaltung</b>	
Ältere lernen schlechter – oder nicht? Verschiedene Operationalisierungen von Lernerfolg führen zur differenzierten Betrachtung von Alterszusammenhängen	797
<i>Sonja BAUSCH, Katrin NOEFER, Ralf STEGMAIER und Karlheinz SONNTAG</i>	
Auswirkung eines Chaku-Chaku-Montagesystems auf die älteren Beschäftigten am Beispiel der Abgasanlagen-Montage	801
<i>José Alonso ENRIQUEZ DIAZ, Ekkehart FRIELING, Jens THIEMICH und Stefan KREHER</i>	
Altersdifferenzierte Bewertung von physischen Arbeitsbelastungen mithilfe eines empirisch validierten Screening-Verfahrens	805
<i>Holger RADEMACHER, Andrea SINN-BEHRENDT, Yann SCHNEIDER, Ralph BRUDER und Kurt LANDAU</i>	
Altersheterogenität und Gruppeneffektivität: Die moderierende Rolle des Teamklimas	809
<i>Birgit C. RIES, Stefan DIESTEL, Jürgen WEGGE und Klaus-Helmut SCHMIDT</i>	
Zum Einfluß einiger Merkmale älterer Benutzer auf ihre Effektivität im Umgang mit Fahrkartenautomaten	813
<i>Michael SENGPIEL</i>	
Alternsrobuste Planung von gekoppelten Montagelinien	819
<i>Martin WALDHERR und Gert ZÜLCH</i>	
Ergonomische Bewertung von Körperhaltung, Greifräumen und Komfort bei der Arbeit mit großflächigen berührungssensitiven Bildschirmen	823
<i>Jennifer BÜTZLER, Sebastian VETTER, Nicole JOCHEMS und Christopher M. SCHLICK</i>	
3P zur Gestaltung altersgerechter Arbeitsplätze	827
<i>Gunther REINHART, Jörg EGBERS und Dino BORTOT</i>	



Inter-Rater-Reliabilität eines Verfahrens zur Ergonomiebewertung im Frühstadium der Produktionsplanung	831
<i>Jürgen KLIPPERT</i>	
Prospektive Ergonomie rechnet sich – Wirkungsvoller als Nachbesserung	835
<i>Steffen RAST</i>	
Konzeption eines Tätigkeitsanalyse- und Screening-Verfahrens zur Identifikation alterskritischer Handlungsfelder auf Basis des „Chemnitzer Altersmodells“	839
<i>Mathias KEIL und Birgit SPANNER-ULMER</i>	
Demografischer Wandel – Neues, innovatives, interaktives Lehrkonzept ‚Master: Online Integrierte Gerontologie‘	845
<i>Claudia DAHME und Thomas MAIER</i>	
„Wird man im Alter fauler?“- Arbeitsbezogene Denk- und Verhaltensmuster in Abhängigkeit vom Alter	849
<i>Rüdiger OKONEK und Petia GENKOVA</i>	
Einfluss der Alters auf die subjektive Einschätzung der Belastung bei Arbeiten mit Handgeräten	853
<i>Stephan RIEDEL, Hartmut MUTSCHLER, Frank GILLMEISTER und Jens KINNE</i>	
 <b>Nutzerspezifisches Design</b>	
Klassifikation von Schreibhaltungen: Unterstützung einer ergonomischen Stiftgestaltung für Kinder?	859
<i>Mariana DIAZ MEYER, Luciana SICA, Andrea SINN-BEHRENDT und Ralph BRUDER</i>	
Just playing? Making the Children’s World Accessible	863
<i>Katrin MEINKEN und Harald WIDLROITHER</i>	
Usability Engineering für die altersngerechte Gestaltung telemedizinischer Dienstleistungen	867
<i>Alexander MERTENS, Daniel DÜNNEBACKKE, Jan H. DORNBERG, Nicole JOCHEMS und Christopher M. SCHLICK</i>	
New methodological approaches for the analysis of usability in daily living products for elderly people	871
<i>Juanma BELDA, José LAPARRA, Raquel MARZO, Rakel POVEDA and Maria José SUCH</i>	
The use of colour in intercultural website design	877
<i>Martin MAGUIRE</i>	
Towards an explanatory model of culturally influenced human machine interaction useful for intercultural usability engineering	881
<i>Rüdiger HEIMGÄRTNER</i>	
„RisikoQuickCheck“ – ein neues Präventionsinstrument für die Altenpflege	885
<i>Martin SCHMAUDER, Dieter SPATH und Petra GAUGISCH</i>	
Gebrauchstauglichkeit einer interaktiven virtuellen Umgebung zur Evaluation von Mensch-Maschine Schnittstellen	889
<i>Peter NICKEL, Preethy PAPPACHAN, Andy LUNGFIEL, Georg NISCHALKE-FEHN, Michael HUELKE und Michael SCHAEFER</i>	
Gebrauchstauglichkeit von Produkten – Fallbeispiel Feuerwehrsutzhleidung	893
<i>Tobias BLEYER, Armin WINDEL und Marie PENDZICH</i>	

Nachhaltige Effizienzsteigerung durch höhere Integration des Nutzers <i>Klaus BENGLER</i>	897
Verständnis von Usability im internationalen Kontext <i>Sinja RÖBIG, Muriel DIDIER und Ralph BRUDER</i>	901
Entwicklung und Überprüfung eines Prototyps eines Instrumentes zur Beurteilung und Optimierung des Gestaltungszustandes von Alarmsystemen – Ergebnisse einer Machbarkeitsstudie – <i>Martina BOCKELMANN, Martin SCHÜTTE und Friedhelm NACHREINER</i>	905
Usability-Evaluation und Optimierung einer Präventionssoftware zum Erstellen von Lastverteilungsplänen für straßengebundene Nutzfahrzeuge <i>Claus BACKHAUS, Karl-Heinz JUBT, Michael MÖTJE und Christian FELTEN</i>	909
Optimales Blended Learning mit moodle oder metacoon? Eine Usability-Untersuchung der beiden Lernplattformen <i>Monika EIGENSTETTER, Sandra LAUMEN und Rainer HAACK</i>	913
Individuelle Gestaltung des Bildschirmarbeitsplatzes für die Generation 40 plus – ein Beratungskonzept <i>Mirjam KÖNIG und Wolfgang JASCHINSKI</i>	919
Nutzergerechte Gestaltung von CNC-Maschinensteuerständen <i>Inna LEVCHUK, André KLUSSMANN, Karl-Heinz LANG und Hansjürgen GEBHARDT</i>	923
“Usability“ von Verkaufsverpackungen unter dem Aspekt des demographischen Wandels <i>Frank DITTRICH und Birgit SPANNER-ULMER</i>	927
Usability-Untersuchungen zu E-Book-Readern <i>Muriel DIDIER, Sinja RÖBIG und Ralph BRUDER</i>	931

## Doktorandenwerkstatt

Affektbezogene Verhaltensinterferenzen, Teamprozesse und operative Sicherheit auf der Schiffsbrücke <i>Georgios ATHANASSIOU</i>	937
Die Wirkung von Klimafaktoren auf die Zufriedenheit des arbeitenden Menschen am Beispiel von Leitzentralen <i>Sven BINKOWSKI</i>	941
Bewegungsprädiktion zur Steigerung der Effizienz von Mensch-Roboter-Kooperationen <i>Dino BORTOT und Klaus BENGLER</i>	945
Nutzungserleben von informationstechnischen Systemen im industriellen Arbeitskontext <i>Beate EILERMANN</i>	949
Arbeitswissenschaftliche Evaluation Ganzheitlicher Produktionssysteme unter altersgerechten Gesichtspunkten – Ein Studienfall in der Aggregatmontage eines deutschen Automobilherstellers <i>José Alonso ENRIQUEZ DIAZ</i>	953
Entwicklung von Guidelines zur Darstellung von visuellen Informationen im dreidimensionalen Raum <i>Antje LICHTENSTEIN</i>	957



Social Software im Fahrzeugnavigationssystem: Optimierung der Akzeptanz von adaptiven nutzergenerierten Optionsangeboten	961
<i>Caroline USSAT</i>	

## Forum Arbeitsphysiologie

Effort-Reward-(Im)Balance als Prädiktor für die Gesundheit von Führungskräften und Lehrern?	967
<i>Stefanie DECKERT und Reingard SEIBT</i>	
Wechselwirkungen von emotionaler Dissonanz und kognitiven Kontrolldefiziten auf Burnout und Abwesenheitsverhalten	971
<i>Stefan DIESTEL und Klaus-Helmut SCHMIDT</i>	
Tumorprotein p63 nahe Mutation und Harnblasenkarzinom-Erkrankungsrisiko	975
<i>Marie-Luise LEHMANN, Jan G. HENGSTLER und Klaus GOLKA</i>	
Energieumsatzmessung in tiefer Kälte – Ein Optimierungsansatz zur Anwendung der Integralmethode	979
<i>Mario PENZKOFER, Christof KOLLMANN und Karsten KLUTH</i>	
Auswirkungen regelmäßiger physischer Aktivität auf die geistige Leistungsfähigkeit	983
<i>Annika RIEGER, Matthias WEIPPERT, Steffi KREUZFELD, Dagmar ARNDT und Regina STOLL</i>	
Anmerkungen zur Interpretation vermeintlich eindeutiger Zahlen am Beispiel der Schutzwirkung von OP-Handschuhen	987
<i>Andreas WITTMANN, Tristan HEHNEN, Herbert VETTER, Nenad KRALJ und Friedrich HOFMANN</i>	

## Workshops

Gute Arbeit durch Beteiligung nach §§ 90/91 BetrVG?	993
<i>Gerd PETER, Uwe DECHMANN, Arno GEORG, Christina MEYN, Klaus PICKSHAUS und Dieter SAUER</i>	
The Ergoman Training Model, Fitting Industrial Ergonomics Needs: A Leonardo project	999
<i>Jurij WAKULA, Emanuela OVCIN, Aileen JACKSON, Leonard O'SULLIVAN and Massimo DI PARDO</i>	
Total Health Management – von der Analyse zur Gestaltung des betrieblichen Gesundheitsmanagements	1003
<i>Ruth HOLM, Volker DAVID, Udo KIEL und Dirk FRANZEN</i>	

Vorstand der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e. V.	1017
Stichwortverzeichnis	1019
Autorenverzeichnis	1031



## **Plenarvorträge**



# Modellierung von Personen in Werkzeugen der Digitalen Fabrik

Gert ZÜLCH

*Institut für Arbeitswissenschaft und Betriebsorganisation (ifab),  
Karlsruher Institut für Technologie (KIT),  
Kaiserstraße 12, D-76133 Karlsruhe*

**Kurzfassung:** Ein Arbeitskreis des Vereins Deutscher Ingenieure befasst sich derzeit mit der Herausgabe eines Richtlinienblattes zur rechnerunterstützten Modellierung von arbeitenden Menschen. Aufgabe dieses im Rahmen der VDI-Richtlinie 4499 "Digitale Fabrik" vorbereiteten Blattes ist es, den Stand der Technik digitaler Menschmodelle mit einem besonderen Augenmerk auf die im deutschsprachigen Raum verfügbaren Verfahren zu dokumentieren. Der Beitrag behandelt die bestehenden anthropometrischen und arbeitsphysiologischen Möglichkeiten und zeigt die Notwendigkeit weiterer Entwicklungen auf.  
**Schlüsselwörter:** Menschmodellierung, digitale Menschmodelle, Digitale Fabrik, rechnerunterstützte Arbeitsplatzgestaltung, prospektive Arbeitsgestaltung.

## 1. Abgrenzung digitaler Menschmodelle von anderen Werkzeugen

Digitale Menschmodelle werden bereits heute sowohl in kommerziellen als auch in wissenschaftlichen Werkzeugen für die Planung neuer Fertigungsstätten eingesetzt (siehe hierzu u.a. Landau 2008; Mühlstedt et al. 2008). Vorrangig geht es dabei um eine anthropometrisch korrekte Repräsentation definierter Personengruppen und um die ergonomische Bewertung und Beurteilung zukünftiger Arbeitsvorgänge. Das Ziel besteht darin, möglichst frühzeitig im Planungsprozess neuer Arbeitssysteme Belastungen des arbeitenden Menschen und das damit verbundene Risiko hinsichtlich Arbeitssicherheit und Gesundheit zu prognostizieren, um hieraus dann prospektiv Abhilfemaßnahmen abzuleiten und Wege zur Arbeitserleichterung aufzuzeigen.

Seit Anfang des Jahres 2007 befasst sich ein Arbeitskreis des Vereins Deutscher Ingenieure (VDI) mit der Entwicklung eines Richtlinienblattes, das den Stand menschmodellierender Verfahren im Rahmen von Werkzeugen der Digitalen Fabrikplanung aufzeigen soll. Es ist beabsichtigt, die Ergebnisse im Rahmen der VDI-Richtlinie 4499 "Digitale Fabrik" zu dokumentieren und als Blatt 4 dieser Richtlinie unter dem Titel "Abbildung von Personen in der Digitalen Fabrik" zu veröffentlichen. Aus dieser Richtlinie wurde bereits im Jahre 2007 Blatt 1 "Grundlagen" veröffentlicht, das sich mit Definitionen und Anwendungsbereichen von Werkzeugen der Digitalen Fabrik befasst.

Das neue Richtlinienblatt konzentriert sich auf die anthropometrischen und arbeitsphysiologischen Aspekte der Menschmodellierung, während die sich in einigen Forschungsinstitutionen und auch bereits in Softwarehäusern in Entwicklung befindenden verhaltenspsychologischen Ansätze nicht aufgegriffen werden. Entsprechend der Ausrichtung der Richtlinie auf die übergeordnete VDI-Gesellschaft "Produktion und Logistik" (bisher "Fördertechnik Materialfluss Logistik") bezieht sich der Anwendungsbereich auf die Prozessergonomie im Fertigungs- und hier insbesondere im

Montagebereich. Anwendungen aus dem Bereich der Produktergonomie, insbesondere aus der Fahrzeugergonomie werden daher nicht betrachtet, wenngleich viele Entwicklungen gerade aus diesem Bereich stammen.

Die in dem Richtlinienblatt behandelten menschmodellierenden Verfahren grenzen sich mit ihrer vorrangig geometrischen Modellierung gegenüber anderen Verfahren ab. Sie zeichnen sich vor allem dadurch aus, dass sie ein virtuelles, dreidimensionales Abbild eines Repräsentanten einer definierten Personengruppe in einer virtuellen Arbeitsumgebung auf einem Rechner darstellen. Einige Verfahren ermöglichen auch eine Animation des Menschmodells, wobei Arbeitsabläufe im Bereich von Sekunden bis hin zu wenigen Minuten dargestellt werden können. Demgegenüber betrachten Verfahren der personalbezogenen Simulation, wie sie in der VDI-Richtlinie 3633, Blatt 6, behandelt werden, längere Zeiträume von Minuten bis hin zu Monaten. Diese verzichten dann aber auf die Darstellung dreidimensionaler Menschmodelle zugunsten von Geschäftsgraphiken, Zeitbanddarstellungen, Warteschlangenverläufen u.ä.

Des Weiteren sind die hier betrachteten digitalen Menschmodelle von biologischen Simulatoren und Berechnungsverfahren abzugrenzen, wie sie aus dem Bereich der Toxikologie (u.a. des Strahlenschutzes; Wandtner 2004) bekannt sind. Im Grenzbereich zu den hier betrachteten Menschmodellen sind anatomische und biomechanische Menschmodelle einzuordnen, wie sie aus der Sportwissenschaft bekannt sind (IFM 2010), aber auch durchaus für die ergonomische Analyse von Arbeitssituationen eingesetzt werden können.

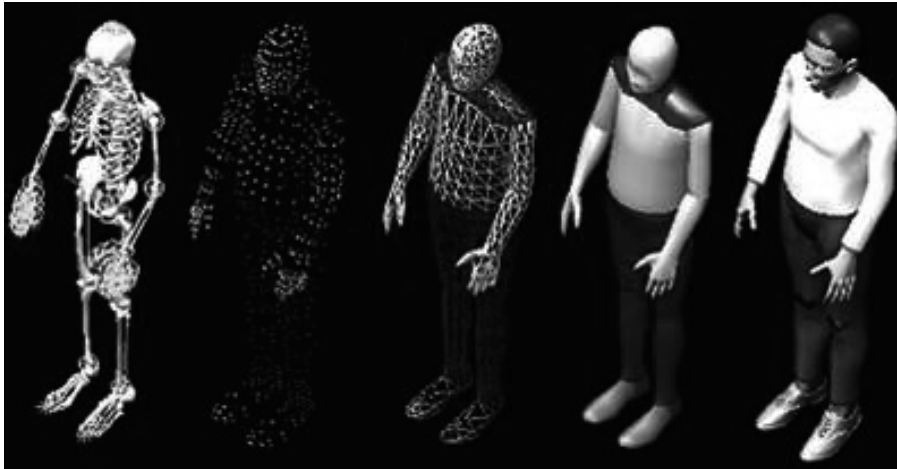
Einem eher ingenieurmäßigen Ansatz entsprechend, werden in dem neuen Richtlinienblatt die Funktionalitäten der vor allem im deutschsprachigen Raum verfügbaren menschmodellierenden Verfahren unter dem Gesichtspunkt der technischen Mechanik behandelt. Unter diesem Blickwinkel lassen sich die anthropometrischen Gesichtspunkte der Menschmodellierung in die Bereiche Geometrie und Kinematik einteilen, die arbeitsphysiologischen in Statik und Dynamik (siehe auch Zülch 2009). Dabei zeigt sich, dass insbesondere bei der Mehrkörpermechanik die Entwicklung bei weitem noch nicht als abgeschlossen angesehen werden kann, um arbeitende Personen in geeigneter Form digital abzubilden.

## 2. Geometrische Analyse

Bei der geometrischen Analyse im Rahmen der prospektiven Arbeitsgestaltung geht es darum, die Interaktion zwischen den Gegenständen im Arbeitssystem und den digitalen Repräsentanten einer einzuplanenden Personengruppe aufzuzeigen. Im Rahmen von Werkzeugen der Digitalen Fabrik ist davon auszugehen, dass der Arbeitsgegenstand als CAD-Modell vorliegt; viele der diesbezüglichen Daten enthalten jedoch Informationen, die für die digitale Gestaltung eines Arbeitssystems nicht benötigt werden, sodass Methoden der Datenreduktion erforderlich werden, um den Rechenaufwand zu reduzieren. Ähnliches gilt für die Modellierung des Arbeitsplatzes und des Arbeitsraumes. Vielfach reichen vereinfachte Modelldaten der Einrichtungsgegenstände aus, die dann (ggf. parametrisiert) in Einrichtungskatalogen hinterlegt werden können.

Die geometrische Menschmodellierung ist auf eine möglichst realitätsnahe Darstellung der Längen und Winkelstellungen der Gliedmaßen gerichtet. Vor allem bedingt durch ihre Anwendung im Bereich der Fahrzeugergonomie haben digitale Menschmodelle diesbezüglich eine hohe Genauigkeit und gute Anschaulichkeit erreicht (siehe z.B. Bubb et al. 2006; Human Solutions 2010). Abbildung 1 zeigt bei-

spielhaft einige Repräsentationsformen des Menschmodells RAMSIS, das vor allem für die ergonomische Gestaltung von Fahrzeug-Innenräumen verwendet wird.



**Abbildung 1:** Repräsentationsformen des Menschmodells RAMSIS (Human Solutions 2004)

Die gemeinsame Darstellung von Einrichtungsgegenständen und Menschmodellen im Arbeitsraum ist vor allem dazu geeignet, die zukünftige Auslegung von Arbeitssystemen zu veranschaulichen. Dies erleichtert vor allem die Diskussion mit Beteiligten, die mit zweidimensionalen Layoutplänen wenig vertraut sind. Kollisionen zwischen den Menschmodellen einerseits sowie Einrichtungs- und Arbeitsgegenständen andererseits können bisher jedoch nur visuell erkannt und durch Neuordnung behoben werden, nicht aber rechnerisch.

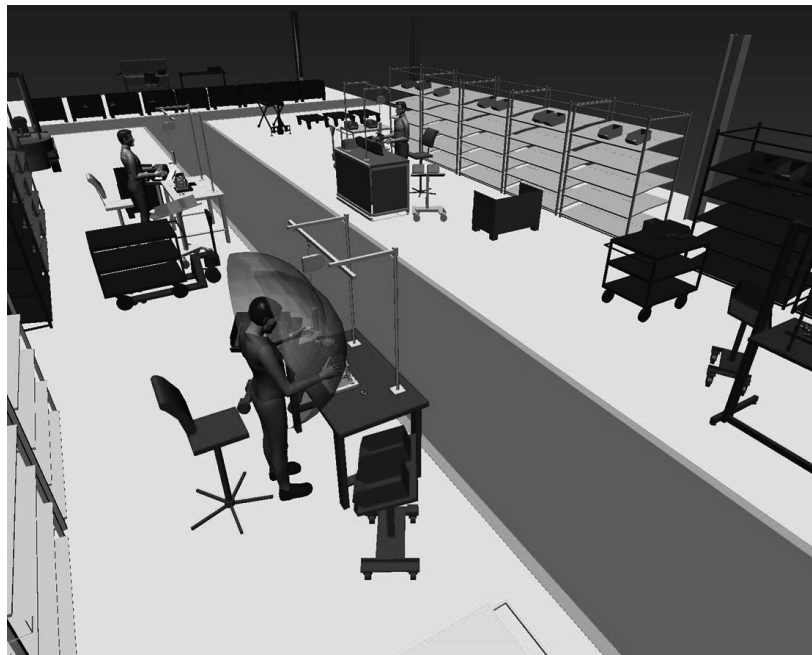
Standardmäßig lassen sich Menschmodelle mit den üblichen 5., 50. und 95. Perzentilen männlich und weiblich darstellen, vielfach auch für verschiedene ethnische Gruppen. Einige Verfahren erlauben darüber hinaus die Abbildung spezieller Somatotypen oder individueller Personen. Die Berechnung räumlicher Verformungen der Körperoberfläche in Folge von Bewegungen befindet sich noch im Forschungsstadium.

Zusätzlich zum menschlichen Körper lassen sich seine Funktionsräume darstellen, hier insbesondere Greif- und Sichträume. Die dazu verwendeten Darstellungen beruhen vielfach auf vereinfachten Geometrien, die für eine erste Beurteilung als ausreichend gelten können. Abbildung 2 zeigt exemplarisch ein Montagearbeitssystem, in dem der Benutzer frei navigieren und damit einzelne Systemelemente näher betrachten kann (siehe auch Fireman & Lesinski 2009).

Eine spezielle Problematik der Menschmodellierung bringt die Darstellung von Gelenken mit sich. Zwar kann die vereinfachte Modellierung der Wirbelsäule unter Annahme jeweils eines fiktiven Hals-, Brust- und Lendengelenkes als überholt angesehen werden; dennoch werden die menschlichen Gelenke vielfach noch durch einfache Drehgelenke angenähert. Für die Generierung von Gelenkketten ist die Frage zu klären, ob bei einer Zielpunktbewegung die Änderung der Winkel in der Summe oder in ihrem Maximalwert minimiert werden soll.

Die anatomisch genaue Modellierung als räumliche Bahngelenke befindet sich erst im Forschungsstadium (Charbonnier et al. 2009; MIRALab 2010). Ähnliches gilt auch für die Hüllflächen der Greif- und Sichtgeometrien. Vielfach beschränkt man sich auf die Aspekte der Erreichbarkeit und Sichtbarkeit, während Fragen zum Komfortbereich erst in jüngerer Zeit in der Forschung bearbeitet werden (Hudelmaier 2010; INRETS-LBMC 2010). Diesbezüglich ist u.a. zu klären, ob die im NASA-

Standard 3000 (S. 3-57) angenommene, aus der Weltraumforschung übernommene neutrale Körperhaltung unter dem Einfluss Erdgravitation als Komfortlage angenommen werden kann.



**Abbildung 2:** Visualisierung eines Montagesystems (Dassault Systemes Deutschland 2009)

### 3. Kinematische Analyse

Die Darstellung von Greif- und Sichtgeometrien leitet über in die kinematische Analyse. Zusätzlich zu den Längen und Winkeln im Bewegungsbereich des menschlichen Körpers kommen Geschwindigkeiten und Beschleunigungen der Gliedmaßen hinzu, analog dazu die Blickverschiebungen in Form der Sakkaden und Fixationen. Üblicherweise werden für die Zeitbewertung von Bewegungen Systeme vorbestimmter Zeiten eingesetzt, hierbei nahezu ausschließlich das MTM-Verfahren mit seinen verschiedenen Detaillierungsstufen (DMTM 2010). Hierbei wird standardmäßig von geübten Personen mit ansonsten normalen Fähigkeiten ausgegangen.

Verschiedene Forschungsarbeiten (u.a. Kluth et al. 1996) haben jedoch gezeigt, dass z.B. die Zeit für das Hinlangen zu einem Gegenstand nicht nur von der Entfernung (und zusätzlich den Hinlangbedingungen) abhängig ist, sondern auch von Ausgangs- und Endpunkt der Bewegung in Bezug auf die zugehörige Horizontalebene des Körpers. Auch die angenommenen Fälle der Bewegungsbehinderungen bedürfen noch der Erweiterung, insbesondere im Hinblick auf die Verwendung von Schutzbekleidung.

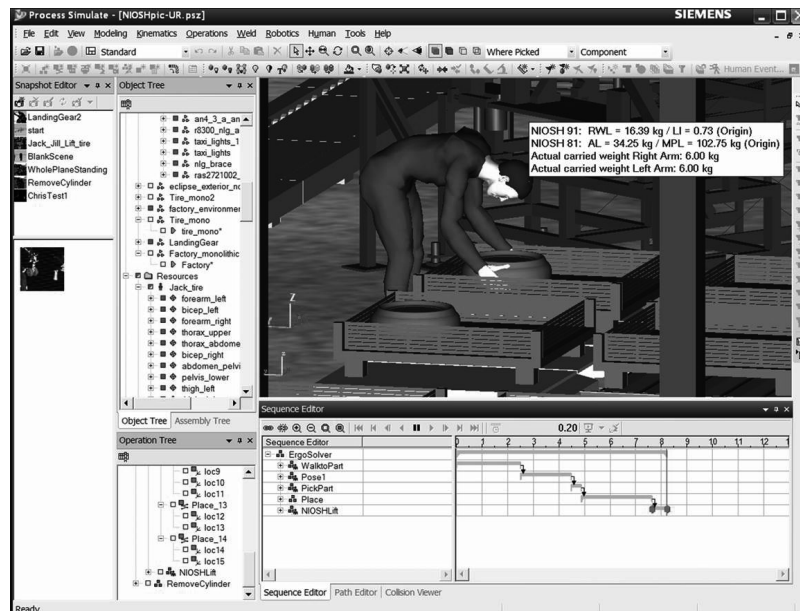
Bezüglich der bei den Verfahren vorbestimmter Zeiten angenommenen normal leistenden Personen bedarf es weiterführender Klärungen. So ist die Frage zu geschlechtsspezifischen Unterschieden (z.B. bei feinmotorischen Bewegungen) zu stellen. In neuerer Zeit tritt im Zuge des demographischen Wandels auch die Frage der Altersabhängigkeit von Bewegungszeiten auf. Auch in dieser Hinsicht bedarf es weiterer Forschungsarbeiten.



#### 4. Statische Analyse

Neben der anthropometrischen Betrachtung von Menschmodellen spielt die arbeitsphysiologische Bewertung eine wesentliche Rolle. Die derzeitigen menschmodellierenden Verfahren beschränken sich dabei weitestgehend auf die Analyse von Haltungs- und Haltearbeit. Die Körperhaltung ohne Einwirkung äußerer Kräfte kann beispielsweise mit der finnischen OWAS-Methode (Stoffert 1985), der amerikanischen NIOSH-Methode (Waters et al. 1993) oder dem NASA-Standard STD 3000 bewertet und beurteilt werden. Die beiden zuerst genannten Methoden stehen z.B. im Verfahren Process Simulate (Siemens PLM Software 2009), das zuletzt genannte im Verfahren IDO:ErgonomiX (ICIDO 2010) zur Verfügung.

Ein Beispiel zur Bewertung von Haltearbeit mit dem Verfahren Process Simulate ist in Abbildung 3 dargestellt. Der Benutzer des Verfahrens hat dabei zunächst die Aufgabe, die kritischen Zeitpunkte einer Lastenhandhabung zu identifizieren, in der Regel die Ausgangs- oder Endsituation des Arbeitsvorgangs. Die Zeitbandddarstellung gibt hier mittels eines Zeitstrahls den Zeitpunkt des Anhebens einer Last an, zu dem die Bewertung mit Hilfe der NIOSH-Methode erfolgt. Alternativ dazu steht die englische RULA-Methode (McAtamney & Corlett 1993) zur Verfügung.



**Abbildung 3:** Bewertung einer Haltearbeit nach der NIOSH-Methode und Zeitbanddarstellung im Verfahren Process Simulate (Siemens PLM Software 2009)

Die in Deutschland übliche VDI-Methode (Schultetus 1980, S. 70 ff.; VDI-ADB 1980, S. 48 ff.; Bullinger 1994, S. 223 ff.) steht z.B. im EKIDES-Verfahren (Jastrzebska-Fraczek & Schmidtke 2009) sowie im HuT-Rechner (ASER 2010) zur Verfügung, ebenso wie eine Bewertung nach der NIOSH-Methode. Mittels beider Methoden können die zulässigen Lastobergrenzen ermittelt werden, wobei jedoch unterschiedliche Einflussgrößen herangezogen werden. Während die NIOSH-Methode ausschließlich die Belastungen aus der Arbeitsaufgabe beinhaltet, berücksichtigt die VDI-Methode auch personelle Einflussgrößen. Konsequenterweise liefern beide Verfahren dann auch ggf. unterschiedliche Ergebnisse (Abbildung 4). Die von der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA 2010) als Internet-Formular zur Verfügung gestellte Leitmerkalmethode (Steinberg et al. 1998) führt in ihrer abschließenden Beurteilung ggf. wiederum zu abweichenden Ergebnissen. We-

der die VDI- noch die Leitmerkalmethode sind in den verfügbaren Werkzeugen der Digitalen Fabrik integriert, stehen also nur als Einzelwerkzeuge mit der damit verbundenen Notwendigkeit einer Doppeleingabe zur Verfügung.

Lastobergrenze nach VDI: 245 N

Lastobergrenze nach NIOSH: 126 N

Empfehlung des Bundesarbeitsministeriums: 150 N für Frauen

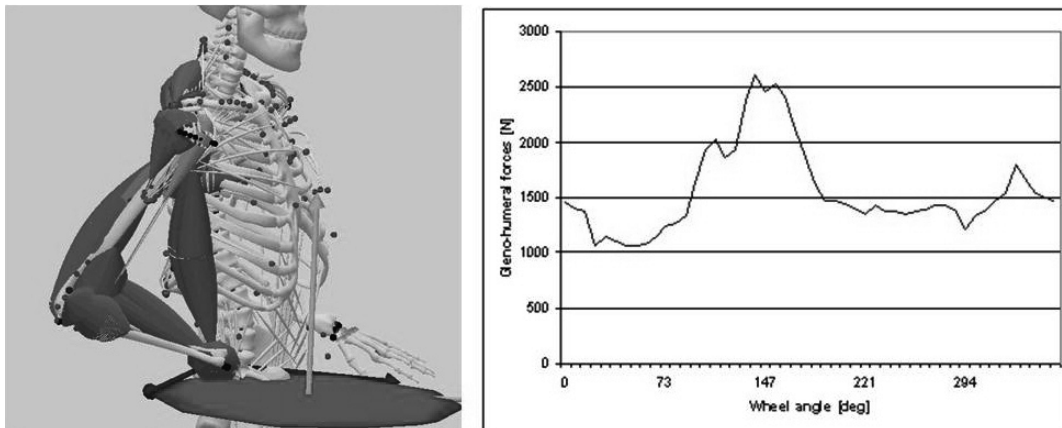
**Abbildung 4:** Vergleich einer Lastenhandhabung nach der VDI- und der NIOSH-Methode mit dem Verfahren EKIDES (Jastrzebska-Fraczek & Schmidtke 2009)

Wie bereits erwähnt, steht in den vorhandenen Werkzeugen der Digitalen Fabrik keine rechnerische Überprüfung von Kollisionen zur Verfügung. Dies bedingt dann auch, dass das statische Gleichgewicht des menschlichen Körpers nur visuell beurteilt werden kann. Dies gilt insbesondere auch für Abstützungspunkte des menschlichen Körpers an Gegenständen des Arbeitssystems.

## 5. Dynamische Analyse

Durch ihre Einbeziehung der Frequenz der Lastenhandhabung leiten die oben genannten Methoden nach VDI, NIOSH und BAuA über in eine dynamische Analyse von Arbeitsvorgängen, wobei jedoch nur der Vorgang der Lastenhandhabung zur Bewertung und Beurteilung herangezogen wird, nicht aber die übrigen Arbeitsvorgänge während der Arbeitszeit. Ergänzend bietet sich hierzu die Analyse des Arbeitsenergieumsatzes an, die auf Spitzer et al. (1982) zurückgeht. Diese Methode steht im ergonomischen Analyseverfahren EKIDES zur Verfügung, aber auch über das Menschmodell JACK im Verfahren Process Simulate (Siemens PLM Software 2010a). In diesem Verfahren ist außerdem eine Methode zur Erholungszeitberechnung auf der Basis der Arbeiten von Rohmert (1965; siehe auch Rohmert & Laurig 1993, S. 136 ff.) enthalten.

Abgesehen von diesen bereits seit vielen Jahren bekannten Verfahren der globalen Bewertung dynamischer Muskelarbeit steht die dynamische Analyse im Rahmen der Menschmodellierung erst am Anfang: Einige Verfahren aus dem Bereich der Biomechanik stehen zwar zur Verfügung, sind aber nicht in Verfahren der Digitalen Fabrik integriert. Zu dieser Gruppe gehört z.B. DYNAMICUS (IFM 2010) und das dänische Verfahren AnyBody (AnyBody Technology 2009). In Abbildung 5 ist ein anatomisches Menschmodell beim Drehen des Steuerrades eines Gabelstaplers dargestellt. Die Auswertung ergibt am Schultergelenk eine Spitzenkraft von 2500 N.



**Abbildung 5:** Rückwirkungskräfte am Steuerrad eines Gabelstaplers (AnyBody Technology 2009)

Weitere Impulse für die dynamische Analyse sind aus dem Bereich der Mehrkörpermechanik zu erwarten. Einschlägige Forschungsarbeiten finden gegenwärtig z.B. im Umkreis der Entwicklung humanoider Roboter statt. Hierbei geht es um die Frage, wie die Bewegung menschlicher Körperteile bzw. -ketten zielpunktbezogen generiert werden kann, und zwar unter Berücksichtigung ihrer Lage, Orientierung und Masse. Wären diese Bewegungen bekannt, so könnte man die gefundenen Gesetzmäßigkeiten auf die Bewegungen humanoider Roboter übertragen. Derzeit ist es allerdings beispielsweise noch ungeklärt, ob die Auslenkung der Gelenkwinkel im Mittelwert oder in ihrem Maximalwert minimiert werden soll oder aber die Anfangsbeschleunigung, also der Ruck, dafür maßgebend ist und demzufolge generiert werden soll (MKD-Tools; Simonidis et al. 2009; Stelzner 2009).

## 6. Weiterentwicklungen im Hinblick auf Verhaltens- und Umwelteinflüsse

Die vorstehenden Ausführungen sollten nicht nur den Stand der Technik auf dem Gebiet der Menschmodellierung im Rahmen der Digitalen Fabrik aufzeigen; vielmehr sollte auch auf die derzeitigen Begrenzungen und damit auf die Notwendigkeit weiterer Entwicklungen hingewiesen werden (siehe hierzu auch Spanner-Ulmer et al. 2009). Dies betrifft vor allem die Möglichkeit zur Kollisionserkennung und -vermeidung, die Berechnung von Gleichgewichtsbedingungen sowie die Zielpunktgenerierung von Bewegungen im Sinne der menschlichen Kinematik und Dynamik. Der letztgenannte Anspruch geht dabei über die Virtualisierung motographisch erfasster Bewegungsbahnen hinaus (vgl. z.B. INRETS-LBMC 2010; Siemens PLM Software 2010b). Ein weiterer Forschungsbereich betrifft die Analyse und Beurteilung von Komfortbedingungen.

Maßgeblich stellt sich als Problem, dass die Dominanz der international verfügbaren, kommerziellen Verfahren der Digitalen Fabrik dazu führen kann, dass in Deutschland entwickelte Bewertungs- und Beurteilungsverfahren nicht weiter in diese integriert werden. Im Vorfeld muss dazu die Frage geklärt werden, welche Anforderungen an diese Verfahren zu stellen sind, damit sie überhaupt in die Modellwelt dieser Verfahren eingefügt werden können.

Aus wissenschaftlicher Sicht zeigen sich gegenwärtig zwei vorrangige Forschungsdomänen: Die erste betrifft die Modellierung des menschlichen Verhaltens,

z.B. bei der Interaktion von Mensch und Roboter. In diesem Zusammenhang geht es im Sinne des Arbeitsschutzes darum, Bewegungen des menschlichen Körpers und einzelner seiner Gliedmaßen zu prognostizieren. Ziel ist es dabei, die Sicherheitsabschaltung auch ohne Schutzzäune und Lichtschranken zu gewährleisten (Graf & Tchouchenkov 2010). Demgegenüber reicht die Prognose von Ganzkörperbewegungen über den Bereich der dreidimensionalen Modellierung hinaus. Gegenstand einschlägiger Untersuchungen sind z.B. das Verhalten von Personenströmen im Flughafenbereich (z.B. Incontrol Enterprise Dynamics 2005; Chawdhry 2009) sowie bei Notfallsituationen in Flugzeugen sowie bei Evakuierungsmaßnahmen (Zhang et al. 2009). Erste Ansätze beziehen sich auch auf Fragen der aggressiven Bewegungen und deren Beherrschung (Johnson et al. 2009).

Eine zweite Forschungsdomäne wurde bereits vor 10 Jahren angesprochen (Zülch 2000), konnte jedoch aufgrund mangelnder Forschungsförderung erst in wenigen Ansätzen bearbeitet werden: Die Modellierung von Belastungen darf sich nicht nur auf die Arbeitsaufgabe beschränken, sondern muss auch die Arbeitsumgebung einbeziehen. Vorhandene Werkzeuge der Digitalen Fabrik leisten hierzu noch keinen Beitrag. Es erscheint dringend erforderlich, dass auch - ggf. in einem weiteren Blatt der VDI-Richtlinie 4499 - der Stand der Technik dokumentiert und Ansatzpunkte zur Weiterentwicklung in diese Richtung aufgezeigt werden. Voraussetzung hierfür ist jedoch eine umfassende Forschungsförderung.

## 7. Literatur

1. AnyBody Technology (Hrsg.) 2009, Occupational Health. Aalborg: Anybody Technology A/S. Im Internet verfügbar unter: <http://www.anybodytech.com/?id=166>, 30.12.2009.
2. Institut für Arbeitsmedizin, Sicherheitstechnik und Ergonomie - ASER (Hrsg.) 2010, Der Heben und Tragen Rechner. Im Internet verfügbar unter: <http://www.institut-aser.de/out.php?idart=538>, 08.01.2010.
3. Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin - BAuA (Hrsg.) 2009, Gefährdungsbeurteilung mithilfe der Leitmerkmalmethode. Im Internet verfügbar unter: [http://www.baua.de/de/Themen-von-A-Z/Physische-Belastung/Gefaehrdungsbeurteilung.html?\\_\\_nnn=true](http://www.baua.de/de/Themen-von-A-Z/Physische-Belastung/Gefaehrdungsbeurteilung.html?__nnn=true), 08.01.2010.
4. Bubb, H., Engstler, F., Fritzsche, F., Mergl, Ch., Sabbah, O., Schaefer, P. & Zacher, I. 2006, The development of RAMSIS in past and future as an example for the cooperation between industry and university, International Journal of Human Factors Modelling and Simulation, 1, 140–157.
5. Bullinger, H.-J. 1994, Ergonomie. Stuttgart: Teubner (Technologiemanagement).
6. Charbonnier, C., Schmid, J., Kolo-Christophe, F., Magnenat-Thalmann, N., Becker, C. & Hoffmeyer, P. 2009, Virtual Hip Joint: from Computer Graphics to Computer-Assisted Diagnosis. In: K. Bühler & D. Bartz (Hrsg.), Eurographics 2009 - First Medical Prize. München: Eurographics Association, S. 1-4. Im Internet verfügbar unter: <http://www.miralab.unige.ch/repository/papers/508.pdf>, 11.01.2010.
7. Chawdhry, P.K. 2009, Risk modeling and simulation of airport passenger departures process. In: M.D. Rossetti, R.R. Hill, B. Johansson, A. Dunkin & R.G. Ingalls (Hrsg.), Proceedings of the 2009 Winter Simulation Conference. Energy Alternatives. New York NY: Association for Computing Machinery Order Department; Piscataway NJ: IEEE Service Center, S. 2820-2831.
8. Dassault Systemes Deutschland (Hrsg.) 2009, Virtual Ergonomics Solutions. Fellbach: Dassault Systemes Deutschland. Im Internet verfügbar unter: <http://www.3ds.com/de/products/delmia/solutions/human-modeling/overview/#vid1>, 30.12.2009.
9. Deutsche MTM-Vereinigung - DMTM (Hrsg.) 2010, TiCon Base Funktionalitäten. Hamburg: Deutsche MTM-Vereinigung. Im Internet verfügbar unter: [https://www.dmtm.com/produkte/software/ticon\\_base\\_funktionen.php](https://www.dmtm.com/produkte/software/ticon_base_funktionen.php), 08.01.2010.
10. Fireman, J. & Lesinski, N. 2009, Virtual Ergonomics: Taking Human Factors into Account for Improved Product and Process. Auburn Hills, MI: Dassault Systèmes Delmia. Im Internet verfügbar unter: <http://www.3ds.com/de/products/delmia/solutions/human-modeling/overview/#vid1>~Virtual Ergonomics Whitepaper, 11.01.2010.



11. Graf, J. & Tchouchenkov, I. 2008, Lynkeus. Karlsruhe: Karlsruher Institut für Technologie, Institut für Rechentechnik, Automation und Robotik. Im Internet verfügbar unter: [http://rob.ipr.kit.edu/308\\_562.php?PHPSESSID=2006367faa7901517dccff94acbdcc2c](http://rob.ipr.kit.edu/308_562.php?PHPSESSID=2006367faa7901517dccff94acbdcc2c), 11.01.2010.
12. Hudelmaier, J. 2010, Das Menschmodell RAMSIS. Im Internet verfügbar unter: [http://www.lfe.mw.tu-muenchen.de/forschung/humanmodeling/Ramsis\\_Flyer.pdf](http://www.lfe.mw.tu-muenchen.de/forschung/humanmodeling/Ramsis_Flyer.pdf), 08.01.2010.
13. Human Solutions (Hrsg.) 2004. Im Internet verfügbar unter: [http://www.human-solutions.com/produkte\\_ramsis.php](http://www.human-solutions.com/produkte_ramsis.php).
14. Human Solutions (Hrsg.) 2010, Mehr Ergonomie im Fahrzeug. Kaiserslautern: Human Solutions. Im Internet verfügbar unter: [http://www.human-solutions.com/automotive/products\\_de.php](http://www.human-solutions.com/automotive/products_de.php), 08.01.2010.
15. ICIDO (Hrsg.) 2008, IDO:Ergonomics. Stuttgart: ICIDO GmbH. Im Internet verfügbar unter: [http://www.icido.de/de/Produkte/VDP/IDO\\_Ergonomics.html](http://www.icido.de/de/Produkte/VDP/IDO_Ergonomics.html), 08.01.2010.
16. IFM (Hrsg.) 2010, Anwendungsbeispiele des biomechanischen Menschmodells DYNAMICUS. Chemnitz: Institut für Mechatronik an der TU Chemnitz. Im Internet verfügbar unter: [http://www.tu-chemnitz.de/ifm/produkte-html/DYNAMICUS\\_Anwendungen.html](http://www.tu-chemnitz.de/ifm/produkte-html/DYNAMICUS_Anwendungen.html), 08.01.2010.
17. Incontrol Enterprise Dynamics (Hrsg.) 2005, Airport Suite. Maarssen: Incontrol Simulation Software. Im Internet verfügbar unter: <http://www.incontrolsim.com/download/files/brochures/ED%20Airport%20Suite.pdf>, 11.01.2010.
18. INRETS-LBMC (Hrsg.) 2010, Digital human modeling for ergonomic simulation. Biomechanical evaluation of discomfort. Im Internet verfügbar unter: <http://www.inrets.fr/ur/lbmc/english/Ergo/IndexTheme.html>, 08.01.2010.
19. Jastrzebska-Fraczek, I. & Schmidtke, H. 2010, EKIDES 9.07 - ein zweisprachiges Tool für die Unterstützung des Gestaltungsprozesses und Steigerung der Qualität der Produkte und Arbeitsplätze. München: Lehrstuhl für Ergonomie der TU München. Im Internet verfügbar unter: <http://www.lfe.mw.tu-muenchen.de/index3.htm~EKIDES...>, 08.01.2010.
20. Johnson, R.T., Lampe, Th.A. & Seichter, St. 2009, Calibration of an agent-based simulation model depicting a refugee camp scenario. In: M.D. Rossetti, R.R. Hill, B. Johansson, A. Dunkin & R.G. Ingalls, Proceedings of the 2009 Winter Simulation Conference. Energy Alternatives. New York NY: Association for Computing Machinery Order Department; Piscataway NJ: IEEE Service Center, S. 1778-1786.
21. Kluth, K., Böhlmann, J. & Strasser, H. 1996, Beanspruchung des Hand-Arm-Schulter-Systems in Abhängigkeit von Arbeitsgeschwindigkeit, Arbeitsfeld und Umlaufrichtung. In: H. Strasser, Beanspruchungsgerechte Planung und Gestaltung manueller Tätigkeiten. Landsberg/Lech: ecomed Verlagsgesellschaft, S. 83-110.
22. Landau, K. (Hrsg.) 2000, Ergonomic Software Tools in Product and Workplace Design. Stuttgart: Verlag ERGON.
23. McAtamney, L. & Corlett, E.N. 1993, RULA: A survey method for the investigation of work related upper limb disorders, Applied Ergonomics, 24, 91-99.
24. MIRALab (Hrsg.) 2010, Medical. Genf: University of Geneva, MIRALab. Im Internet verfügbar unter: [http://www.miralab.unige.ch/~3D medical simulation](http://www.miralab.unige.ch/~3D%20medical%20simulation), 08.01.2010.
25. Mühlstedt, J., Kaußler, H. & Spanner-Ulmer, B. 2008, Programme in Menschgestalt: Digitale Menschmodelle für CAX- und PLM-Systeme, Zeitschrift für Arbeitswissenschaft, 62, 79-86.
26. National Aeronautics and Space Administration - NASA (Hrsg.) 1995, Man-systems integration Standards, NASA-STD-3000 Volume I, Revision B. Huntsville AL: Marshal Space Flight Center. Im Internet verfügbar unter: <http://standards.nasa.gov/documents/detail/3314902>, 11.01.2010.
27. Rohmert, W. 1965, Physiologische Grundlagen der Erholungszeitbestimmung, Arbeit und Leistung 19, 1-7.
28. Rohmert, W. & Laurig, W. 1993, Physische Beanspruchung durch muskuläre Belastung. In: H. Schmidtke (Hrsg.), Ergonomie, 3. Auflage. München: Hanser, S. 121-160.
29. Schultetus, W. 1980, Montagegestaltung. Köln: Verlag TÜV Rheinland (Praxis der Ergonomie).
30. Siemens PLM Software (Hrsg.) 2009, Process Simulate, Plano, TX: Siemens PLM Software. Im Internet verfügbar unter: [http://www.plm.automation.siemens.com/de\\_de/products/tecnomatix/assembly\\_planning/process\\_simulate/index.shtml](http://www.plm.automation.siemens.com/de_de/products/tecnomatix/assembly_planning/process_simulate/index.shtml), 30.12.2009.
31. Siemens PLM Software (Hrsg.) 2010a, Jack and Process Simulate Human. Plano, TX: Siemens PLM Software. Im Internet verfügbar unter: [http://www.plm.automation.siemens.com/en\\_us/products/tecnomatix/assembly\\_planning/jack/index.shtml](http://www.plm.automation.siemens.com/en_us/products/tecnomatix/assembly_planning/jack/index.shtml), 08.01.2010.

32. Siemens PLM Software (Hrsg.). 2010b, Motion Capture Toolkit for Tecnomatix human applications. Im Internet verfügbar unter:  
[http://www.plm.automation.siemens.com/de\\_de/Images/17523\\_tcm73-83547.pdf](http://www.plm.automation.siemens.com/de_de/Images/17523_tcm73-83547.pdf), 11.01.2010.
33. Simonidis, C., Stein, T., Fischer, A., Bauer, F., Schwameder, H. & Seemann, W. 2009, MKD-Tools: Ein Mehrkörperalgorithmus zur Analyse und Synthese menschlicher Bewegungen. In: Biomechanik – Grundlagenforschung und Anwendung (Abstractband zur Tagung der dvs-Sektion Biomechanik). Tübingen: Universität Tübingen, Institut für Sportwissenschaft, S. 42-44.
34. Spanner-Ulmer, B. & Mühlstedt, J. 2009, Virtuelle Ergonomie mittels digitaler Menschmodelle und anderer Softwarewerkzeuge. In: M. Schenk (Hrsg.), Digital Engineering – Herausforderung für die Arbeits- und Betriebsorganisation. Berlin: GITO-Verlag für Industrielle Informationstechnik und Organisation, S. 151-170.
35. Spitzer, H., Hettinger, Th. & Kaminsky, G. 1982, Tafeln für den Energieumsatz bei körperlicher Arbeit, 6. Auflage. Berlin: Beuth Verlag.
36. Steinberg, U., Caffier, G., Mohr, D., Liebers, F. & Behrendt, S. 1998, Modellhafte Erprobung des Leitfadens Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der manuellen Handhabung von Lasten, Forschungsbericht Fb 804 der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW Verlag für neue Wissenschaft.
37. Stelzner, G. 2009, Zur Modellierung und Simulation biomechanischer Mehrkörpersysteme, Schriftenreihe des Instituts für Technische Mechanik, Band 11. Karlsruhe: Universitätsverlag.
38. Stoffert, G. 1985, Analyse und Einstufung von Körperhaltungen bei der Arbeit nach der OWAS-Methode, Zeitschrift für Arbeitswissenschaft, 39, 31-38.
39. VDI 3633, Blatt 6, 2001. Simulation von Logistik-, Materialfluss- und Produktionssystemen - Abbildung des Personals in Simulationsmodellen, Ausgabe 2001-10. Berlin: Beuth.
40. VDI 4499, Blatt 1, 2008. Digitale Fabrik – Grundlagen, Ausgabe 2008-02. Berlin: Beuth.
41. VDI-ADB - VDI-Gesellschaft Produktionstechnik (ADB) (Hrsg.) 1980, Handbuch der Arbeitsgestaltung und Arbeitsorganisation. Düsseldorf: VDI-Verlag.
42. Wandtner, R. 2004, Eine Familie voller Phantommenschen, Frankfurter Allgemeine Zeitung, 14.01.2004, Nr. 11, S. N1.
43. Waters, T.R., Putz-Anderson, V., Garg, A. & Fine, L.J. 1993, Revised NIOSH equation for the design and evaluation of manual lifting tasks, Ergonomics, 36, 749-776.
44. Zhang, B., Chan, W.K. & Ukkusuri S.V. 2009, Agent-based modelling for household level hurricane evacuation. In: M.D. Rossetti, R.R. Hill, B. Johansson, A. Dunkin & R.G. Ingalls, Proceedings of the 2009 Winter Simulation Conference. Energy Alternatives. New York NY: Association for Computing Machinery Order Department; Piscataway NJ: IEEE Service Center, S. 2778-2784.
45. Zülch, G. 2000, Arbeitsschutz zwischen Umsetzungsdrang und Forschungsbedarf. In: G. Zülch & B. Brinkmeier (Hrsg.), Arbeitsschutz-Managementsysteme. Aachen: Shaker, S. 185-201.
46. Zülch, G. 2009. Perspektiven der Menschmodellierung als Werkzeug der digitalen Fabrikplanung. In: M. Schenk (Hrsg.), Digital Engineering – Herausforderung für die Arbeits- und Betriebsorganisation. Berlin: GITO-Verlag für Industrielle Informationstechnik und Organisation, S. 105-124.

# Neue Arbeits- und Lebenswelten gestalten

Ralph BRUDER

*Institut für Arbeitswissenschaft, Technische Universität Darmstadt,  
Petersenstrasse 30, D-64287 Darmstadt*

**Kurzfassung:** Für die Gestaltung von menschengerechten Bedingungen in zukünftigen Arbeits- und Lebenswelten werden Beiträge der arbeitswissenschaftlichen Forschung und Anwendung benötigt. In dem Beitrag werden drei Themenschwerpunkte genannt, in denen die arbeitswissenschaftliche Forschung und Anwendung bereits genutzt wird und in denen auch zukünftig noch Forschungsbedarf zu erwarten ist. Es handelt sich um die Themenfelder Gesundheit, Individualisierung und Nachhaltigkeit.

**Schlüsselwörter:** Gesundheit, Individualisierung, Nachhaltigkeit, Gestaltungskonzepte.

## 1. Einleitung

Aufgrund ihrer Dominanz für das individuelle und gesellschaftliche Leben ist die Zukunft der Arbeitswelt immer wieder Gegenstand von Spekulationen. In Abhängigkeit von wirtschaftlichen Rahmenbedingungen, aber auch von technologischen Entwicklungen dominiert in diesen Spekulationen mehr oder weniger die Frage, ob und für wen es zukünftig noch Arbeit geben wird. Die Beschäftigung mit dem „Ende der Arbeit und ihrer Zukunft“ (Rifkin 2004) ist gerade in Krisenzeiten hoch aktuell. Für die Zukunft der Arbeitswelt gilt es allerdings nicht nur ihre volkswirtschaftliche Notwendigkeit, sondern gerade auch die subjektbezogene Bedeutung von Arbeit zu berücksichtigen.

Dass es dringend geboten ist, sich mit der Frage nach den zukünftigen Bedingungen menschengerechter Arbeits- aber auch Lebenswelten zu beschäftigen, verdeutlichen uns die beinahe täglichen Nachrichten über die großen Herausforderungen, vor denen wir gegenwärtig stehen. Oft sind diese Herausforderungen mit Begriffen wie Krise, demografischer Wandel oder technische Komplexität belegt und wenig ermutigend. Allerdings leben wir auch in einem Zeitalter der vielfältigen Möglichkeiten. Dies gilt für die Erleichterung menschlicher Lebens- und Arbeitsbedingungen durch technische Unterstützung, aber auch für die Vielfalt menschlicher Kooperations- und Kommunikationsbeziehungen, die heutzutage möglich sind und praktiziert werden.

Ausgehend von den vielfältigen Gestaltungsmöglichkeiten gilt es zu klären, welche der möglichen Wege beschritten werden sollen. Der kanadische Designer und Gründer der „Massive Change“ Bewegung Bruce Mau drückt dieses Dilemma mit der Frage aus: „Now that we can do anything, what do we want to do?“ (Mau et al. 2004).

Basierend auf der Annahme, dass es ein gemeinsames Ziel der Menschheit sein sollte, für eine menschengerechte Zukunft zu sorgen, ist die arbeitswissenschaftliche Forschung und Anwendung aufgefordert, sich an der Diskussion um die zukünftige Gestaltung von Arbeits- und Lebenswelten aktiv zu beteiligen.

Das Finden des rechten Maßes der Arbeit und der schonende Umgang mit menschlichen Ressourcen werden zu einem wichtigen Zukunftsthema. Wie viel technische Unterstützung ist sinnvoll und ab welcher Grenze wird zu viel Technik zu einer

erhöhten Belastung? Wie lang sollten kontinuierliche Arbeitsblöcke am Tag, in der Woche, im Jahr, im Berufsleben und darüber hinaus minimal und maximal sein? Wie flexibel können und sollten Beschäftigungsverhältnisse sein und welche Standards werden weiterhin benötigt? Mit den letztgenannten Fragestellungen wird auch deutlich, warum der Gegenstandsbereich der Arbeitswissenschaft über ein enges Verständnis von Erwerbsarbeit hinaus z.B. in den Bereich der unbezahlten Arbeit oder gar des Freizeitbereichs erweitert wurde, allerdings ohne dabei zur universalen „Lebenswissenschaft“ zu werden (Schlick et al. 2010).

Im Folgenden werden solche Themenschwerpunkte vorgestellt, bei denen zu erwarten ist, dass sie bei der Gestaltung zukünftiger Arbeits- und Lebenswelten von Bedeutung sein werden. Es handelt sich um die Themen Gesundheit, Individualisierung und Nachhaltigkeit. Dabei nehmen die Schwerpunktthemen Gesundheit, Individualisierung und Nachhaltigkeit auch einen direkten Bezug auf aktuelle Diskussionen in Gesellschaft und Wissenschaft.

## **2. Schwerpunktthemen für zukünftige arbeitswissenschaftliche Forschung und Anwendung**

### *2.1 Gesundheit*

Gesundheit gewinnt nicht zuletzt als Folge des Wunsches nach einer hohen Lebensqualität, gerade auch bei einer zunehmenden Lebenserwartung, an hoher Bedeutung. Das Gesundheitsbewusstsein des Einzelnen, aber auch der Gesellschaft, spielt eine zunehmend bedeutsame Rolle (Scheuch & Letzel 2008).

Aufgrund der Wichtigkeit für das subjektive Wohlbefinden wird Arbeit in einer zunehmend älter werdenden Gesellschaft unverzichtbar sein. Die Möglichkeit zur Gesundheitsförderung und Selbstverwirklichung gilt dabei für Erwerbsarbeit, aber gerade auch für unentgeltliche Tätigkeiten. In diesem Zusammenhang gilt es die wechselseitige Beeinflussung von Mensch und Arbeit zu berücksichtigen: Menschen entwickeln und ändern Arbeit, Arbeit nimmt Einfluss auf die Entwicklung des Menschen (Scheuch & Letzel 2008).

Unstrittig ist allerdings auch, dass ein individuelles Zuviel an Arbeit negative Folgen im Sinne einer Beeinträchtigung der körperlichen und psychischen Gesundheit haben kann und auch das soziale Gefüge der Arbeitenden stark beeinträchtigen kann.

Die Bedeutung der Gesundheit für den Einzelnen kann auch Auswirkungen auf die wirtschaftliche Entwicklung einer ganzen Volkswirtschaft haben. So sieht Nefiodow (2001) in der Gesundheit den Leitsektor für einen sechsten Kontradieff-Zyklus.

Die internationale arbeitswissenschaftlichen Forschung und Anwendung hat bereits seit einigen Jahren auf die Bedeutung der Gesundheitsbranche reagiert, was sich beispielsweise an dem sehr aktiven Technical Committee „Healthcare Ergonomics“ der International Ergonomics Association (IEA) (siehe dazu [www.iea.cc](http://www.iea.cc)) zeigt.

### *2.2 Individualisierung*

Der Themenschwerpunkt Individualisierung umfasst die menschengerechte und nutzerorientierte Gestaltung von Produkten und Arbeitsplätzen. Hier finden sich Inhalte, die sich mit der Gestaltung für bestimmte Nutzergruppen beschäftigen, wie beispielsweise Ergonomie für Kinder oder die Gestaltung von Arbeitsbedingungen für



Leistungsgewandelte. Aber auch der zukünftige Umgang mit den Auswirkungen des demografischen Wandels bei der Arbeits- und Produktgestaltung gehören zu diesem Themenschwerpunkt.

Die Beschäftigung mit Tätigkeitsbedingungen für Kinder ist in der arbeitswissenschaftlichen Forschung wahrlich kein neues Thema (siehe z.B. Rohmert 1971). Nicht zuletzt mit einem Bezug von Forschungsthemen auf einen eng gefassten Arbeitsbegriff waren arbeitswissenschaftliche Studien mit Kindern und Jugendlichen in früheren Jahren allerdings eher die Ausnahme. Die Erweiterung der arbeitswissenschaftlichen und insbesondere auch der ergonomischen Forschung im Bereich der Produktgestaltung hat allerdings auch zu einer Zunahme der Forschung mit und für Kinder und Jugendlichen geführt (siehe dazu u.a. Lueder & Rice 2008; Hayward 2008).

Auch für die arbeitswissenschaftliche Beschäftigung mit der aktuell breit diskutierten Frage der Gestaltung von Tätigkeitsbedingungen und Produkten für ältere Menschen gilt festzuhalten, dass es sich keineswegs um ein neues Thema handelt. Vielmehr ist festzustellen, dass gerade in vielen aktuellen Diskussionen auf alte Studien zurückgegriffen wird, bei denen von einer Verschlechterung der Fähigkeiten mit dem Alter ausgegangen wird (siehe beispielsweise Astrand & Rodahl 1986).

Demgegenüber werden in jüngster Zeit beispielsweise im Rahmen des von der DFG geförderten Schwerpunktprogramms 1184 „Altersdifferenzierte Arbeitssysteme“ diverse Studien durchgeführt, mit denen im Gegensatz dazu ein Kompensationsmodell der altersbedingten Veränderlichkeit von Leistungsbedingungen (siehe Landau et al. 2007; Frieling 2006) gestützt wird.

### *2.3 Nachhaltigkeit*

Nachhaltigkeit bezeichnet den Erhalt eines Systems, das bewahrt und verbessert werden soll, damit auch andere davon profitieren können. Hierunter zählen in einem arbeitswissenschaftlichen Verständnis beispielsweise der Erhalt und die Verbesserung der Beschäftigungsfähigkeit genauso, wie lebenslanges (auch betriebliches) Lernen und die Vereinbarkeit von Arbeit und Privatleben. Mit den genannten Themen wird auch ersichtlich, in welcher Form arbeitswissenschaftliche Forschung und Anwendung zum Themenfeld der Nachhaltigkeit beiträgt und zukünftig beitragen kann.

Es sei darauf verwiesen, dass im internationalen Kontext der Beschäftigung mit dem Thema „Human Factors und Sustainability“ eine grosse Bedeutung zukommt. So wurde von der International Ergonomics Association ein neues Technical Committee eigens zu diesem Themenfeld gegründet. Weiterhin liegen diverse Publikationen zum Themenfeld Arbeitswissenschaft und Nachhaltigkeit vor (siehe u.a. Zink 2008; Zink et al. 2008).

## **3. Ausblick**

Häufig zeichnet sich die Gestaltung menschlicher Arbeitswelten durch das Prinzip des „trial-and-error“ aus. Die Auswirkungen des Einsatzes neuer Techniken (z.B. E-Mails als Kommunikationsmittel), neuer Managementansätze (z.B. Verschlankung in allen Unternehmensbereichen) oder der erhöhten Mobilität zeigen sich dabei erst mit einer großen zeitlichen Verzögerung.

Die arbeitswissenschaftliche Forschung und Anwendung findet sich dabei nicht selten in der Rolle des Hasen wieder, dem der Igel in Form neuer technischer und organisatorischer Rahmenbedingungen zuvorkommt. Hier gilt es für eine zukünftige

Arbeitswissenschaft nicht nur auf bestehende Tätigkeitsbedingungen zu reagieren, sondern auch neue Arbeits- und Lebenswelten aktiv mitzugestalten.

#### 4. Literatur

1. Astrand, P.-O. & Rodahl, K. 1986, Textbook for Work Physiology, 3. Auflage. New York: McGraw Hill.
2. Frieling, E. 2006, Editorial: Altersdifferenzierte Arbeitssysteme, Zeitschrift für Arbeitswissenschaft, 60, 149-150.
3. Hayward, G. 2008, Ergonomics for children – Designing products and places for toddler to teens, Ergonomics, 51, 1623-1624.
4. Landau, K., Weißert-Horn, M., Rademacher, H., Brauchler, R., Bruder, R. & Sinn-Behrendt, A. 2007, Altersmanagement als betriebliche Herausforderung. Stuttgart: Ergonomia.
5. Lueder, R. & Rice, V.J. 2008, Ergonomics for Children. Designing products and places for toddlers to teens. New York: Taylor & Francis.
6. Mau, B. & The Institute Without Boundaries 2004, Massive change. London: Phaidon Press.
7. Nefiodow, L.A. 2001, Der sechste Kondratieff: Wege zur Produktivität und Vollbeschäftigung im Zeitalter der Information. Die langen Wellen der Konjunktur und ihre Basisinnovation, 5. Aktualisierte Auflage. Sankt Augustin: Rhein-Sieg Verlag.
8. Rifkin, J. 2004, Das Ende der Arbeit und ihre Zukunft. Neue Konzepte für das 21. Jahrhundert. Frankfurt am Main: Campus.
9. Rohmert, W. 1971, Isometrisches Muskeltraining im Kindes- und Jugendalter, Öffentliches Gesundheitswesen, 33, 226-231.
10. Scheuch, K. & Letzel, S. 2008, Selbstverständnis der Arbeitsmedizin in den zukunftsorientierten Systemen des Arbeitsschutzes und des Gesundheitsversorgungssystems. In: W. Kirch, B. Badura & H. Pfaff (Hrsg.), Prävention und Versorgungsforschung. Ausgewählte Beiträge des 2. Nationalen Präventionskongresses und 6. Deutschen Kongresses für Versorgungsforschung Dresden, 24. bis 27. Oktober 2007. Heidelberg: Springer, S. 503-512.
11. Schlick, C., Bruder, R. & Luczak, H. 2010, Arbeitswissenschaft. 3., vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage. Berlin: Springer.
12. Zink, K.J. 2008, Arbeitswissenschaft und Globalisierung: eine Herausforderung. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg.), Produkt- und Produktions-Ergonomie - Aufgabe für Entwickler und Planer. Dortmund: GfA-Press, S. 37-40.
13. Zink, K.J., Steimle, U. & Fischer, K. 2008, Human Factors, Business Excellence and Corporate Sustainability: Differing Perspectives, Joint Objectives. In: K.J. Zink (Hrsg.), Corporate Sustainability as a Challenge for Comprehensive Management. Contributions to Management Science. Heidelberg: Physica, S. 3-18.

# Wissenschaftliche Politikberatung und ihre Anforderungen an die Arbeitswissenschaft

Isabel ROTHE und Beate BEERMANN

*Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin,  
Friedrich-Henkel Weg 1-25, D-44149 Dortmund*

**Kurzfassung:** Aufgrund der zunehmenden Komplexität und der beschleunigten Veränderungsgeschwindigkeit in der Arbeitswelt gewinnt im politischen Bereich eine sachbezogene, fundierte Entscheidungsbasis für die Lösung aktueller Gestaltungsfragen zunehmend an Bedeutung. Für Fragestellungen aus der Arbeitswelt kann die Arbeitswissenschaft grundsätzlich das entsprechende Fachwissen zur Verfügung stellen. Dieser Prozess ist allerdings nicht vorbehaltlos. Um den Transformationsprozess zwischen „der Arbeitswissenschaft“ und „der Politik“ zu ermöglichen muss die Arbeitswissenschaft den Anforderungen des politischen Beratungsprozesses gerecht werden. Dazu muss sie die Logik politischer Erkenntnisverwertung erfassen und die im Wissenschaftssystem gewonnen Erkenntnisse der Politik zugänglich machen. Zur Zukunftssicherung arbeitswissenschaftlicher Forschung müssen die Arbeitswissenschaften einen sichtbaren Gestaltungsbeitrag leisten.

**Schlüsselwörter:** Politikberatung, qualitätsgesichertes Expertenwissen, Systemlogik.

## 1. Einleitung

In den vergangenen Jahren konnte an den deutschen Hochschulen ein Rückgang der für den Bereich der Arbeitswissenschaften und der Arbeitsmedizin zur Verfügung gestellten Ressourcen beobachtet werden (vgl. GfA 2004). Gleichzeitig ist in der Arbeitswelt eine zunehmende Beschleunigung sowohl der organisatorischen als auch der technologischen Veränderungsprozesse zu beobachten. Gerade die Arbeitswissenschaften waren in der Vergangenheit ein Garant dafür, dass die Veränderungen auf der Basis wissenschaftlicher Methodik auf ihr Risikopotenzial bezüglich gesundheitlicher Beeinträchtigung der Beschäftigten und auf ihre Optimierung auch in Bezug auf die Nutzung z. B. neuer Technologien untersucht wurden. Zielgröße waren sowohl die Beschäftigten als auch die Verbesserung von Produktionsprozessen zur Unterstützung des wirtschaftlichen Erfolgs.

Es stellt sich die Frage, wie ein Bedingungsgefüge aussieht, in dem die Arbeitswissenschaften ihre Gestaltungserkenntnisse in der Form einspeisen kann, dass es von den für die Gestaltung zuständigen Akteure insbesondere im politischen Bereich auch abgerufen werden kann. Um diese Übersetzungsleistung zu erbringen, müssen in einem ersten Schritt die aus dem politischen System an die Arbeitswissenschaften gestellten Anforderungen definiert werden.

## 2. Wissenschaftsbasierte Politikberatung

Die Politik agiert in einem sich ständig verändernden Umfeld. Erfahrungswissen ist dementsprechend als wesentliche Entscheidungsgrundlage nicht mehr hinreichend. Politik muss in einem hohen Maß wissenschaftlich fundierte Fachkenntnis einbeziehen. Sie benötigt verlässliche, unabhängige und fundierte Kenntnisse aus den unterschiedlichsten Fachdisziplinen mit dem Ziel, sich Handlungsoptionen erschließen zu können. Es gehört zur Fürsorgepflicht des Staates, Steuerungsentscheidungen auf Basis abgesicherte Kenntnisse über die veränderten Arbeits- und Lebensbedingungen in der globalisierten Welt zu treffen. Auch deshalb hat die systematische Einbindung von Wissenschaft und Forschung in den politischen Entscheidungs- und Gesetzgebungsprozesse in Deutschland Tradition. Sie hat ihren Anfang genommen in der technischen und wissenschaftlichen Entwicklung in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts: damals hat sich ein Problemensemble im Zuge der rasanten Industrialisierung herausgebildet, welches staatliches Handeln und Regeln z.B. gerade auch in sozial- und arbeitshygienischen Feldern dringend erforderlich machte. Der Staat bemüht sich deshalb, die systematische Einbindung von Know-how aus Wissenschaft und Forschung in politische Entscheidungsprozesse sicherstellen zu können.

Die Politik hat ein auf die Zukunft gerichtetes Interesse an Gestaltungsoptionen. Dabei orientiert sich der Anspruch der wissenschaftsbasierten Politikberatung auf die mit wissenschaftlicher Methodik entwickelten Handlungskonzepte. Hierzu müssen spezifische Anforderungen sowohl an die Produkt- als auch Prozessqualität im Beratungsprozess gestellt werden.

### 2.1 Formen der Politikberatung

Im politischen Bereich werden die Kompetenzen der Wissenschaft in vielfältiger Form genutzt. Neben der Institutionalisierung von forschungsbasierter Beratung wie sie in der Ressortforschung vorzufinden ist, gibt es eine Vielzahl unterschiedlicher Beratungsprozesse, in die wissenschaftliche Kompetenz integriert wird. Die wissenschaftliche Politikberatung sollte Entscheidungsträgern dabei wichtige zukünftige Trends in Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin aufzeigen und Handlungsoptionen erarbeiten. Dies geschieht in der Praxis in der Regel mittels arbeitswissenschaftlicher Expertisen, Stellungnahmen, Konzeptpapieren, Berichten und Analysen. Diese Form der Politikberatung ist primär von der Methodik her gesehen relativ wissenschaftsnah (Beispiel: „Nachtarbeit für Frauen“ Expertise Rutenfranz et al. 1987). Ein Problem in diesem Prozess, der der Wissenschaftslogik eher konträr läuft, ist die Zeitdimension. Dieses Problem wird insbesondere bei der Ad-hoc Beratung deutlich. In der Politik kann sich die Aktualität von politischen Themen je nach Stimmungen, politischen Opportunitäten oder Prioritäten rasch ändern. Politiker benötigen deshalb oftmals schnelle aber nicht minder zuverlässige Hintergrundinformationen zum Themenbereich Arbeit, zum Beispiel in den Themenfeldern Zeitarbeit oder der Vereinbarkeit von Arbeit und Familie. Gute wissenschaftliche Politikberatung muss – will sie ihre Sprachfähigkeit beweisen – Entscheidungsträgern deshalb auch in diesen Situationen eine qualitätsgesicherte wissenschaftliche „Adhoc-Beratung“ zu den unterschiedlichsten Fragestellungen rund um das Thema Arbeit anbieten.

Eine weitere wichtige Aufgabe der wissenschaftlichen Politikberatung ist die Beratung in Ausschüssen der Bundesregierung, die Mitwirkung bei der Normen- und Regelsetzung sowie die unverzichtbaren Stellungnahmen und Vorarbeiten bei der Rechtssetzung zum Beispiel in Anhörungen (z.B. im Jugendschutz, bei der Arbeits-

stättenVO). Zu den zentralen Aufgaben der fachpolitischen Politikberatung gehört insbesondere die Mitwirkung in zentralen politikberatenden Gremien, wie zum Beispiel

- EU-Gremien und EU-Arbeitsgruppen zur Erarbeitung und Durchführung von Verordnungen und Richtlinien,
- Beraterkreise und Referentenbesprechungen des Arbeits- und Sozialministeriums und anderer Bundesministerien zu nationalen Vorschriften oder
- Ausschüsse der Bundesregierung nach Gesetzen, Rechtsverordnungen und Ministererlassen.

Bei den Ausschüssen ist das wesentliche Ziel, den Transfer des qualitätsgesicherten Expertenwissens in die Praxis zu befördern und durch eine methodische Vereinheitlichung der Regelwerke zu einer größeren Praktikabilität der Arbeitsschutzmaßnahmen in den Betrieben beizutragen.

## *2.2 Anforderungen und Qualitätssicherung in der Politikberatung*

Qualität ist eine notwendige aber keine hinreichende Voraussetzung für gute Politikberatung. Gute Politikberatung setzt notwendigerweise eine hohe Qualität der Forschung voraus. Es versteht sich dabei von selbst, dass die anerkannten Kriterien der Qualitätssicherung in der Wissenschaft wie das Peer-Review-Verfahren Bestandteile des Generierungsprozesses sind. Kritisierbarkeit, Intersubjektivität, Widerspruchsfreiheit, Widerlegbarkeit und Problemlösungspotential sind weitere allgemein anerkannte Standards wissenschaftlicher Arbeit. Natürlich spielt auch die Unabhängigkeit und Aktualität der Forschungsergebnisse eine große Rolle in der wissenschaftlichen Politikberatung. Anders als in der Interaktion mit der wissenschaftlichen Community bei der ein gemeinsames Grundverständnis des Gesamtkontexts vorausgesetzt wird, muss in der Interaktion mit politischen Entscheidungsträgern ein klarer Problembezug hergestellt werden. Hier muss auf die Anforderungen der Politik Rücksicht genommen werden. Dabei muss dem Auftraggeber die Relevanz vermittelt und die Beratungsleistung in einen strategischen und langfristigen arbeitswissenschaftlichen Kontext eingebettet werden.

Moderne Politikberatung in einer Ressortforschungseinrichtung wie der BAuA hat dabei die Leitlinien moderner Ressortforschung zu berücksichtigen. Aufgrund einer Empfehlung des Wissenschaftsrates (WR) in 2007 hat die Bundesregierung "Zehn Leitlinien" vorgelegt ([http://www.bmbf.bund.de/pub/leitlinien\\_ressortforschung.pdf](http://www.bmbf.bund.de/pub/leitlinien_ressortforschung.pdf)). Die Bundeseinrichtungen mit Forschungs- und Entwicklungsaufgaben haben sich im Sinne dieser Empfehlungen das Ziel gesetzt, auf hohem wissenschaftlichem Niveau staatliches Handeln zu unterstützen und politische Entscheidungen vorzubereiten.

## *2.3 Umsetzung guter Politikberatung*

Vorraussetzung guter Politikberatung ist es unter anderem, die Verschiedenheit der Systemlogiken von Politik und Wissenschaft zu beachten. Max Weber betonte, dass es dabei nicht primär um menschliche Faktoren geht, sondern um Probleme des „Zusammenwirkens mehrerer Körperschaften“ – heute würde man sagen: um Probleme der unterschiedlichen Systemlogik von Wissenschaft einerseits und Politik andererseits. Denn die Politik sieht sich in einer pluralistischen Gesellschaft einem Dilemma ausgesetzt. Auf der einen Seite steht die Wissenschaft, die eine bestimmte sachgerechte (evidenzbasierte) Lösung bevorzugt, auf der anderen Seite stehen oftmals unvereinbare Anforderungen und Wünsche pluraler Gruppen, die häufig die



von der Wissenschaft oder Verwaltung vorgeschlagenen Lösungen ablehnen. Die Politik muss zudem auf Stimmungen, Opportunitäten und auch Zufälligkeiten Rücksicht nehmen. Angesichts dieser divergierenden Einflussgrößen ist es für die politischen Entscheidungsträger oftmals schwer, sachlich angemessene Entscheidungen zu treffen. Ergebnis ist nicht selten ein aus wissenschaftlicher Sicht unangemessenes Handeln im politischen Entscheidungsbereich. Unterschiede in den Systemlogiken ergeben sich auch im Hinblick auf die Dimension „Zeit“. Politik ist aufgrund der spezifischen Rahmenbedingungen häufig kurzfristig orientiert. Die Wissenschaft dagegen handelt in der Regel nach den Prinzipien der wissenschaftlichen Rationalität und ist eher mittel- bis langfristig orientiert. Gute wissenschaftliche Politikberatung versucht, beide Systemlogiken zu berücksichtigen und ist um eine hohe Adressatenbezogenheit ihrer Beratungsleistung bemüht. Moderne Politikberatung versteht sich als Dienstleister für Politik, Gesellschaft und Wirtschaft mit dem Ziel, Entscheidungsträgern praktikable Lösungen anzubieten, die angesichts der oben angeführten Zwänge und Unabwägbarkeiten die größtmöglichen Schnittmengen zwischen den unterschiedlichen Systemlogiken bieten können.

### 3. Fazit

Will die Arbeitswissenschaft langfristig ihre Kompetenzen im Wissenschaftssystem sichern und – was aufgrund der gravierenden Veränderung in der Arbeitswelt als notwendig anzusehen ist – ihre Ressourcen stabilisieren oder besser ausbauen, müssen Konzepte entwickelt und umgesetzt werden, die ihre Ergebnisse im gesellschaftlichen Raum sichtbar macht. Dazu muss von der Arbeitswissenschaft eine Übersetzungsleistung ihrer Erkenntnisse in die Erfahrungswelt der politischen Akteure geleistet werden. Wissenschaft muss Verantwortung übernehmen in der öffentlichen Debatte über die Wahrnehmung, Abschätzung, Bewertung und Regulierung von Risiken in der Arbeitswelt. Sie muss die lang- bzw. mittelfristige Perspektive der Wissenschaftsdisziplin und ihren Nutzen für die gesamtgesellschaftliche Entwicklung aufzeigen. Nur wenn sie sich durch Kompetenz, Anerkennung und Kommunikationsfähigkeit auszeichnet, sichert sie sich ihre Expertenstellung im Beratungsprozess und kann in dieser Funktion auch auf die Gestaltung zukünftiger Handlungsfelder Einfluss nehmen.

### 4. Literatur

1. Gesellschaft für Arbeitswissenschaft – GfA 2004, Umfrage an deutschen Hochschulen und Fachhochschulen zur Personal- und Stellensituation, unveröffentlichte Präsentation. Dortmund: GfA.
2. Bundesministerium für Bildung und Forschung – BMBF (Hrsg.) 2007, Leitlinien guter Politikberatung. Im Internet verfügbar unter: [http://www.bmbf.bund.de/pub/leitlinien\\_ressortforschung.pdf](http://www.bmbf.bund.de/pub/leitlinien_ressortforschung.pdf).
3. Der Präsident der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften (Hrsg.) 2008, Leitlinien Politikberatung der Berlin-Brandenburgischen Akademie für Wissenschaften. Berlin: Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften. Im Internet verfügbar unter: [http://www.bbaw.de/bbaw/Akademie/dateien\\_bilder/LeitlinienPolitikberatungFinal.pdf](http://www.bbaw.de/bbaw/Akademie/dateien_bilder/LeitlinienPolitikberatungFinal.pdf).
4. Priddat, B.P. 2009, Politikberatung: Prozesse, Logik und Ökonomie. Marburg: Metropolis.
5. Schwaabe, C. 2007, Politische Theorie 2. Paderborn: Wilhelm Fink, S. 95-120.
6. Rutenfranz, J., Beermann, B. & Löwenthal, I. 1987, Nacharbeit für Frauen: Überlegungen aus chronophysiologischer und arbeitsmedizinischer Sicht, Schriftenreihe Arbeitsmedizin, Sozialmedizin, Präventivmedizin. Stuttgart: Gentner.

## „Arbeitswissenschaft und Nachhaltigkeit: eine strategische Option?“

Klaus J. ZINK

*Lehrstuhl für Industriebetriebslehre und Arbeitswissenschaft,  
Institut für Technologie und Arbeit, Technische Universität Kaiserslautern,  
Gottlieb Daimler Straße, D-67653 Kaiserslautern*

**Kurzfassung:** Die Diskussion zum Thema „Nachhaltigkeit“ bzw. „nachhaltige Arbeitssysteme“ hat sich in der Arbeitswissenschaft nur begrenzt niedergeschlagen. Neben der Klärung der wesentlichen begrifflichen Grundlagen stellt sich die Frage des Zusammenhangs zwischen Nachhaltigkeit und arbeitswissenschaftlichen Konzepten, die auf unterschiedlichen Ebenen diskutiert werden kann. Vor diesem Hintergrund ist zu erörtern, ob Nachhaltigkeit nicht als eine wesentliche strategische Option für die Arbeitswissenschaft in Betracht zu ziehen ist.

**Schlüsselwörter:** Arbeitswissenschaft, Nachhaltigkeit, Corporate Social Responsibility, Stakeholder-Orientierung.

### 1. Problemstellung

Das Themenfeld „Nachhaltigkeit“ hat in den letzten Jahren in unterschiedlichen Kontexten vermehrte Aufmerksamkeit gefunden. Es ist daher zu klären, ob und inwieweit die arbeitswissenschaftliche Literatur diese Entwicklung – direkt oder indirekt – zur Kenntnis genommen hat. Darüber hinaus ist zu hinterfragen, warum Nachhaltigkeit gerade unter veränderten Rahmenbedingungen, wie sie beispielsweise durch die Globalisierung gegeben sind, eine strategische Option – oder sogar Notwendigkeit – eröffnen könnte. Dazu sind auch verwandte Konzepte mit einzubeziehen, wie sie z. B. in Form von Corporate Social Responsibility zunehmend in deutsche Firmen Eingang finden. Dies eröffnet eine (zusätzliche) Möglichkeit, arbeitswissenschaftliche Themen voranzubringen. Schließlich ist es hilfreich auch über die Grenzen der arbeitswissenschaftlichen Disziplin hinauszuschauen und zu überprüfen, wie sich z. B. Konzepte eines „Performance Managements“ auf der Grundlage einer Stakeholder-Orientierung in diese Diskussion integrieren lassen.

Zu diesem Zweck sind zunächst die vielfältigen bisher schon angesprochenen Konzepte zu definieren und deren Zusammenhang zu erörtern. Daran anknüpfend ist der Bezug zur Arbeitswissenschaft herzustellen. Schließlich sind die Vor- und Nachteile der Nutzung dieser Konzepte zur „Vermarktung“ arbeitswissenschaftlicher Ansätze kritisch zu diskutieren.

### 2. Nachhaltigkeit, Corporate Social Responsibility und Stakeholder-Orientierung: begriffliche Grundlagen und Zusammenhänge

In historischer Betrachtung ist das Konzept der Nachhaltigkeit wohl das älteste, da es schon im späten Mittelalter in der deutschen Forstwirtschaft eine Rolle spielte. (Nutzinger 1995) Schon damals wurde klar, dass ein sinnvolles Bewirtschaften von

Ressourcen nur dann möglich ist, wenn man den Ressourcenverbrauch mit dem Nachwachsen von Ressourcen in Einklang bringt. Insofern kann man Nachhaltigkeit zunächst als ökonomisches Prinzip verstehen, das die Überlebensgrundlage sichert. Inzwischen ist Nachhaltigkeit zu einem komplexeren und weltweit relevanten Konzept geworden. Es geht um normative Aspekte einer intra- und inter-generationellen Gerechtigkeit, um das langfristige Überleben von sozialen und ökologischen Systemen zu sichern. Daher kann man das Konzept der Nachhaltigkeit auf drei grundlegende Ideen zurückführen:

- Die anthropozentrische Sicht, die nachhaltige Entwicklung auf menschliche Bedürfnisse fokussiert, wie in Prinzip 1 der Rio-Deklaration festgehalten (womit ökologische Nachhaltigkeit nicht als vorrangiges Kriterium bzw. „Selbstzweck“ der Nachhaltigkeitsdebatte zu verstehen ist (UNCED 1992)).
- Die intra- und inter-generationelle Gerechtigkeit, die allen Generationen die Bedürfnisbefriedigung zuspricht (WCED 1987).
- Das sog. Drei-Säulen-Modell, das nachhaltige Entwicklung gleichberechtigt mit sozialen, ökonomischen und Umwelt-Zielen verbindet (UNCED 1992).

Während die Diskussion um das (gesamtgesellschaftliche) Leitbild nachhaltiger Entwicklung globale Dimensionen beinhaltet, ist es in diesem Kontext hilfreich, unternehmerische Nachhaltigkeit in den Vordergrund zu rücken. Dementsprechend ergeben sich folgende definitorische Grundlagen (Dyllick & Hockerts 2002):

- Die Befriedigung menschlicher Bedürfnisse kann als Ziel unternehmerischen Handelns verstanden werden, wobei Unternehmen auch Bedürfnisse schaffen und so das Verhalten von z. B. Konsumenten beeinflussen.
- Die Grundlage unternehmerischen Erfolgs ist die Ausrichtung auf die Interessen der wesentlichen Anspruchsgruppen („Stakeholder“), woraus sich auch die Legitimität einer Organisation („License to Operate“) ableiten lässt.
- Unternehmen sind im Prinzip auf Dauer angelegt („Going Concern Prinzip“), insofern spielen auch inter-generationelle Aspekte eine Rolle.

Fasst man diese Aspekte zusammen, kann man unternehmerische Nachhaltigkeit wie folgt definieren:

- Auf der Grundlage des Drei-Säulen-Modells betrachtet ein nachhaltiges Unternehmen nicht nur die ökonomischen Voraussetzungen und Konsequenzen unternehmerischen Handelns, sondern auch die sozialen und umweltbezogenen sowie deren Zusammenhänge.
- Eine betriebswirtschaftliche Langfristorientierung ist die Basis für die heutige und zukünftige Befriedigung der Bedürfnisse der Anspruchsgruppen des Unternehmens.
- Die Einhaltung der haushälterischen Regel, von den Erträgen und nicht von der Substanz zu leben, bezieht sich nicht nur auf das Finanzkapital, sondern auf alle Kapitalarten (z. B. auch auf das Humankapital).

Die wirtschaftliche Entwicklung der letzten Jahre und insbesondere die in der jüngeren Vergangenheit durch falsch verstandene Shareholder-Value-Konzepte sichtbar gewordenen Fehlentwicklungen haben das Thema unternehmerische Verantwortung (wieder verstärkt) auf die Tagesordnung gebracht. Auch dieses Thema ist keineswegs neu und wurde z. B. schon zu Beginn des letzten Jahrhunderts wissenschaftlich diskutiert. In Europa – und damit auch in Deutschland – hat die Europäische Kommission das Thema „Corporate Social Responsibility“ (CSR) mit einer Vielzahl von Aktivitäten aufgegriffen. (European Commission 2002)

Im Verständnis der Europäischen Kommission ist CSR „ein Konzept, das den Unternehmen als Grundlage dient, auf freiwilliger Basis soziale Belange und Umweltbe-



lange in ihre Unternehmenstätigkeit und in ihre Wechselbeziehungen mit den Stakeholdern zu integrieren.“ (European Commission 2002) Diese Definition macht den Zusammenhang zum Nachhaltigkeitsverständnis offensichtlich, da auch hier von einem „Drei-Säulen-Modell“ ausgegangen wird. Dennoch lässt sich ein wesentlicher Unterschied in der „normativen Ausrichtung“ erkennen, die von Unternehmen verlangt, über die gesetzlichen Mindestvorschriften hinaus verantwortlich zu handeln.

Dies lässt sich relativieren, wenn man beide Konzepte mit stakeholder-orientierten Konzepten der Unternehmensführung verbindet. Freeman, der diesen Begriff in die Literatur zum Strategischen Management eingeführt hat, versteht unter Stakeholdern die Anspruchsgruppen, ohne die ein Unternehmen nicht überleben kann und die ihrerseits vom Unternehmen abhängen (Freeman 1984). In einem engeren Verständnis werden Kapitalgeber (Shareholder), Kunden, Mitarbeiter und die Gesellschaft zu den wesentlichen Stakeholdern gezählt. Dabei ist es einerseits plausibel, dass das Ergebnis für die Shareholder in einem unmittelbaren Zusammenhang mit den anderen Stakeholdern steht – und durch diese positiv beeinflusst werden kann. Andererseits sind Zielkonflikte, wie auch im Kontext der beiden anderen Konzepte, denkbar. Dennoch empfehlen sich solche Konzepte unter dem Gesichtspunkt eines Risikomanagements auch aus betriebswirtschaftlicher Perspektive. Daher ist auch eine Zunahme der Literatur zu stakeholder-orientierten Performance Management Konzepten zu erkennen.

Während unternehmerische Nachhaltigkeit und Corporate Social Responsibility auf einem Drei-Säulen-Modell beruhen, konkretisiert das Stakeholder-Konzept diese Dimensionen durch die Benennung der relevanten Akteure. Geht man allerdings davon aus, dass Unternehmen gegenüber ihren Kunden sowohl eine ökonomische als auch ökologische und soziale Verantwortung haben, kann man auch hier eine Passung zu den anderen beiden Konzepten herstellen, die ihrerseits Stakeholder als integralen Bestandteil haben.

### **3. Arbeitswissenschaft und Nachhaltigkeit**

Die einleitend zitierte Definition nachhaltiger Entwicklung (WCED 1987) fokussierte auf die Befriedigung menschlicher Bedürfnisse, woraus sich schon ein erster Anknüpfungspunkt für arbeitswissenschaftliche Konzepte ableiten lässt, wie sie beispielsweise schon bei Jastrzebowski zu finden sind. (Jastrzebowski 1857) Arbeitswissenschaft – im Verständnis der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft – integriert soziale, ökonomische und ökologische Zielsetzungen und ist Konzepten verpflichtet, die allen Akteuren („Stakeholdern“) einen Nutzen bringen (Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e. V. 1999). Insofern ist arbeitswissenschaftliches Denken und Handeln bezüglich der drei oben diskutierten Konzepte prinzipiell „anschlussfähig“. Betrachtet man die zeitliche Dimension der Konzepte, so kann man allerdings in aller Regel nicht explizit von einem generationenübergreifenden Ansatz sprechen. Aber arbeitswissenschaftliche Ansätze können z. B. auch dazu beitragen, das Human- und Sozialkapital einer Gesellschaft zu erhalten bzw. auszubauen, was als zusätzlicher intergenerationaler Aspekt verstanden werden kann.

Die Definition einer „nachhaltigen Arbeit“ könnte somit auf der Idee der Ressourcenschonung bei Erhaltung oder Vergrößerung des (sozialen) Kapitals aufbauen. Dementsprechend wäre Arbeit dann nachhaltig, wenn physikalische, physiologische und psychologische Grenzen und das Bedürfnis nach ausreichender Erholung berücksichtigt würden. Nachhaltige Arbeitssystemgestaltung trägt damit zur Erhaltung

(oder zum Aufbau) von Human- und Sozialkapital bei, anstatt es zu verbrauchen (Docherty et al. 2009). In diesem Sinne würde Nachhaltigkeit einer dauerhaften Arbeits- und Beschäftigungsfähigkeit entsprechen, die schon immer Gegenstand der Arbeitswissenschaft war. Soziale Nachhaltigkeit wird realisiert in Konzepten wie dem präventiven Gesundheitsmanagement, der human zentrierten Arbeit, individuellem und kollektivem Lernen, Mitarbeiterbeteiligung oder Work-Life-Balance. Alle diese Konzepte tragen zur Erhaltung oder zum Aufbau von Humanressourcen bei (Steimle & Zink 2006). Arbeitswissenschaftliche Aktivitäten beziehen sich daher vorrangig auf soziale und ökonomische Aspekte, ohne Umweltaspekte negativ zu beeinflussen. Dies kann zwar nicht als ein, bezogen auf den ökologischen Kapitalstock, „starker“ Nachhaltigkeitsansatz verstanden werden, liefert jedoch erste Ansatzpunkte, um diese beiden Sichten zu verbinden.

Verknüpft man die Idee der Nachhaltigkeit mit arbeitswissenschaftlichen Konzepten oder Interventionen, kann man unterschiedliche Handlungsfelder betrachten:

Auf gesellschaftlicher Ebene geht es z. B. um Probleme der Frühverrentung, die durch arbeitsbezogene Belastungen und Beanspruchungen dadurch entstehen, dass arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse nicht oder in zu geringem Umfang genutzt werden. Aber auch nicht optimal gestaltete komplexe Systeme, wie z. B. im Verkehr oder in Kernkraftwerken, lassen sich hier zuordnen. Darüber hinaus kann die Beteiligung der Mitarbeiter an betrieblichen Problemlösungen dann gesellschaftliche Auswirkungen haben, wenn dieser Prozess dazu beiträgt, mündige(re) Bürger zu generieren. Solche Aspekte sind vor allem – aber nicht nur – in Entwicklungsländern von besonderer Bedeutung. In weniger entwickelten Ländern kann durch partizipative Konzepte auch zu effektiven Problemlösungen beigetragen werden, die die Arbeits- und Lebensbedingungen einer größeren Zahl von Menschen verbessern können.

Wenn man die gesellschaftliche Ebene auf den kommunalen Bereich reduziert, lassen sich z. B. durch die Nutzung sozio-technologischer Ansätze unter Einbindung von Private-Public-Partnership-Konzepten nachhaltigere Ergebnisse für alle Beteiligten erzielen.

Eine besondere Bedeutung aus arbeitswissenschaftlicher Sicht kommt der Nachhaltigkeit auf der Ebene einzelner Unternehmen zu, da sich hier die Auswirkungen der Globalisierung und der intensiven Nutzung von Informations- und Kommunikationstechnologien in Verbindung mit dem oben schon diskutierten falsch verstandenen Shareholder-Value-Ansatz in einer Veränderung der Arbeitsbedingungen zeigen. Technologie und Kurzfristorientierung führen nicht selten zu einer Intensivierung der Arbeit bei erhöhten Anforderungen an Flexibilität und Anpassungsfähigkeit bei gleichzeitig unsicheren Arbeitsverhältnissen (Docherty et al. 2009). Da nicht davon auszugehen ist, dass sich diese Rahmenbedingungen wesentlich ändern werden, müssen nachhaltige Arbeitssysteme Wettbewerbsfähigkeit und Qualität der Arbeit verknüpfen. Dabei ist die Regeneration und Entwicklung von „Humanressourcen“ zu gewährleisten und eine Selbstausbeutung, z. B. durch eine vordergründig als Arbeitsbereicherung zu wertende Übertragung von Verantwortung und vergrößerten Handlungsspielräumen, zu verhindern. Der Diskrepanz oder fehlenden Balance zwischen individuellen Ressourcen und (veränderten) Anforderungen muss durch die Entwicklung geeigneter Coping-Strategien Rechnung getragen werden. Das heißt, es bedarf auch hier einer Verhältnis- und einer Verhaltensprävention. Nachhaltig gestaltete Arbeitssysteme setzen entsprechend gestaltete Veränderungsprozesse voraus. Erhaltung und Ausbau von Humanressourcen im Kontext von Arbeit schließt auch die Erhaltung und Vergrößerung von Beschäftigungsmöglichkeiten ein (Docherty et al. 2009).

Die oben schon diskutierte Verknüpfung der einzelnen Betrachtungsebenen wird auch deutlich, wenn man sich mit Nachhaltigkeit aus arbeitswissenschaftlicher Sicht auf der Individualebene beschäftigt. Die Erhaltung von Arbeits- und Beschäftigungsfähigkeit, aber auch individuelle Zufriedenheit und Entfaltungsmöglichkeiten in einem Führungskonzept, das auf Vertrauen, Empathie und Respekt aufbaut, sind Elemente zur Förderung von Human- und Sozialkapital, die durch die oben skizzierten Konzepte zu realisieren sind. Dazu bedarf es auch der Beiträge der einzelnen Mitarbeiter. Nutznießer ist letztendlich auch die Gesellschaft, womit alle drei Betrachtungsebenen wieder verknüpft sind.

#### **4. Zusammenfassende Bewertung: Nachhaltigkeit als strategische Option der Arbeitswissenschaft?**

Die Idee der Nachhaltigkeit und die Konzepte der Arbeitswissenschaft verbindet das Problem, dass sie beide noch zu oft falsch verstanden werden! Während arbeitswissenschaftliche Interventionen vor allem unter Kostenaspekten gesehen werden, wird Nachhaltigkeit nicht selten auf „Umweltaspekte“ reduziert. Es setzt sich zwar langsam, aber dennoch zunehmend die Überzeugung durch, dass wir mit unseren Ressourcen – auch in Unternehmen – sorgfältiger umgehen müssen. Allein Risikoaspekte (wenn man einmal die normative Dimension des Sachverhaltes ausblendet) machen es erforderlich, Themen wie Nachhaltigkeit oder Corporate Social Responsibility aufzugreifen. Da arbeitswissenschaftliche Interventionen zu beiden Themen erheblich beitragen können, wäre es fahrlässig, diese „strategische Option“ nicht zu nutzen. Wichtig ist dabei allerdings, diese Konzepte in ihrem tieferen Inhalt – und nicht als Modetrends – zu verstehen und entsprechend umzusetzen. Da Modetrends wieder verschwinden, wäre das Risiko zu hoch, selbst als Modetrend missverstanden zu werden. Da die „arbeitswissenschaftlichen Partner“ in den Unternehmen in den letzten Jahren eher weniger geworden sind (Zink 2000), kann es nur hilfreich sein, mit Führungskräften, die für Nachhaltigkeit oder CSR verantwortlich sind, zu kooperieren. In der Summe sind daher die Chancen höher als die Risiken.

#### **5. Literatur**

1. Docherty, P., Forslin, J. & Shani, A. B. (Eds.) 2009, *Creating Sustainable Work Systems*, 2nd Edition. London: Routledge.
2. Dyllick, T. & Hockerts, K. 2002, *Beyond the Business Case for Corporate Sustainability*, *Business Strategy and Environment*, 11, 130-141.
3. European Commission 2002, *Corporate Social Responsibility: New Commission Strategy to Promote Business Contribution to Sustainable Development*. Brussels: European Commission, Employment and Social Affairs.
4. Freeman, R.E. 1984, *Strategic Management – A Stakeholder Approach*. Boston: Pitman.
5. Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e. V. (Hrsg.) 1999, *Denkschrift: Selbstverständnis der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.*. Dortmund: GfA-Press.
6. Jastrzebowski, W. 1857, *Rys Ergonomji, czyli Nauki o Pracy*. *Przyroda Przemysl Tygodnik*, Rok 2, No 29 (An outline of Ergonomics or the Science of Work based on the Truths drawn from the Science of Nature, *Przyroda i Przemysl* [Nature and Industry], nachgedruckt und übersetzt durch Central Institute for Labour Protection, Warschau/Polen 2000).
7. Nutzinger, H. G. 1995, *Von der Durchflusswirtschaft zur Nachhaltigkeit – Zur Nutzung endlicher Ressourcen in der Zeit*. In: B. Biervert & M. Held (Hrsg.), *Zeit in der Ökonomie: Perspektiven für die Theoriebildung*. Frankfurt am Main: Campus, S. 207-237.

8. Steimle, U. & Zink, K.J. 2006, Sustainable Development and Human Factors. In: W. Karwowski (Ed.), *International Encyclopedia of Ergonomics and Human Factors*, 2nd Edition. London: Taylor & Francis, S. 2355-2360.
9. UNCED 1992, United Nations Conference on Environment and Development: Rio Declaration on Environment and Development, Rio de Janeiro.
10. WCED 1987, *Our common future*. Oxford: Oxford University Press.
11. Zink, K. J. 2000, Ergonomics in the past and the future: from a German perspective to an international one, *Ergonomics*, 43, 920-930.
12. Zink, K. J. 2009, Sustainability and Human Factors: Chances and Risks. In: *International Ergonomics Association (Ed.), 17th World Congress on Ergonomics, August 9-14th, Beijing/China; CD Congress Proceedings*.
13. Zink, K, J. (Ed.) 2008, *Corporate Sustainability as a Challenge for Comprehensive Management*. Heidelberg: Physica-Verlag.

## **Zukünftige Arbeitswelten**



## Visualisierung am Arbeitsplatz – Ein signifikantes Innovations- und Produktivitätspotenzial

Udo-Ernst HANER, Dieter SPATH, Wilhelm BAUER, Jan-Paul LEUTERITZ,  
Silka HOFFMANN und Nikolay DREHAROV

*Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation,  
Nobelstr. 12, D-70569 Stuttgart*

**Kurzfassung:** Der Wechsel zu Flachbildschirmen ist vollzogen, deren Größe und Anzahl am Arbeitsplatz nimmt zu. Welche Konsequenzen hat das für die Produktivität der Büromitarbeiter? Die konzeptionelle Gestaltung des Office21<sup>®</sup> Information Worker's Workplace war die Basis eines Laborexperiments zur Untersuchung des Beitrags von Monitorgröße und -anzahl zur Produktivität von Wissensarbeitern. Bei Einsatz von drei Monitoren konnte die Produktivität bei der gewählten Aufgabenstellung um über ein Drittel gesteigert werden. Darüber hinaus stieg auch die Zufriedenheit der Mitarbeiter bei Einsatz größerer Visualisierungslösungen am Arbeitsplatz.

**Schlüsselwörter:** Arbeitsplatz, Innovation, Produktivität.

### 1. Einleitung

Die rasante technologische Entwicklung im Bereich der Bildschirmtechnologien sowie die gestiegene Leistungsfähigkeit von Grafikkarten erreichen auf breiter Front den Standardarbeitsplatz im Büro. Nicht nur, dass die Ablösung der Röhrenmonitore durch Flachbildschirme das Erscheinungsbild des Büroarbeitsplatzes verändert hat, der vermehrte Einsatz der LCD-Displays hat Konsequenzen für die Produktivität des einzelnen Nutzers und der gesamten Organisation. Verantwortlich dafür ist die gestiegene Darstellungsqualität der Geräte durch höhere Auflösungen, mächtigere Farbräume und größere Bildschirmdiagonalen sowie die gesteigerte Energieeffizienz. Insbesondere die Nutzung der neuen Bildschirme und der Einfluss auf Arbeitsprozesse und Produktivität verlangen aus arbeitswissenschaftlicher Sicht eine neue Betrachtung der Visualisierungsfunktion am Arbeitsplatz.

In diesem Beitrag soll zunächst die konzeptionelle Gestaltung des Office21<sup>®</sup> Information Worker's Workplace (IWWP) skizziert werden. Anschließend wird eine Laborstudie vorgestellt, die eine signifikante und hohe Produktivitätssteigerung durch verbesserte und vergrößerte Anzeigensysteme am Arbeitsplatz nachweist. Abschließend wird auf die Bedeutung der Visualisierungsfunktion für die Gestaltung der zukünftigen Arbeitsplätze und der Arbeitsumgebungen eingegangen.

### 2. Der Multi-Monitor-Arbeitsplatz

Der Arbeitsplatz ist in seiner räumlich-technischen Gesamtheit das lokale Werkzeug des Büromitarbeiters. Dessen Optimierung – im Sinne einer verbesserten Funktionalität, einer erleichternden Handhabung und einer gestiegenen ergonomischen Qualität – hat das Ziel, eine Produktivitätserhöhung bei gleichzeitiger Steigerung der Nutzerzufriedenheit herbeizuführen. Unter dieser Prämisse wurde im Rahmen des



Office21<sup>®</sup>-Projekts der Information Worker's Workplace (IWWP) konzipiert (Kern et al. 2007; Haner et al. 2009).

Eines der wesentlichen Charakteristika des IWWP ist dessen Ausstattung mit drei Monitoren. Diese können unabhängig voneinander als Anzeigen verschiedener Bildquellen oder zusammengeschaltet, mit Hilfe einer entsprechend leistungsfähigen Grafikkarte im genutzten (Laptop-)Computer, als ein Desktop genutzt werden. Dadurch steigt die verfügbare Visualisierungsfläche am Arbeitsplatz, so dass sich nun mehrere Applikationsfenster (die sog. »windows«) nebeneinander anordnen lassen.

Wissensarbeitsprozesse am Bildschirmarbeitsplatz sind häufig gekennzeichnet durch die Erstellung von neuen Inhalten, der Zusammenführung unterschiedlicher Informationen sowie parallel stattfindender Kommunikation. Wissensarbeiter am Bildschirmarbeitsplatz benötigen deshalb parallele, d.h. gleichzeitige, Sicht auf mehrere Applikationsfenster – etwa für die zu erstellende Dokumentation, für Referenzdokumente und Literaturquellen sowie gegebenenfalls auch für E-Mails, Instant Messaging und Webconferencing.

### **3. Monitore und Arbeitsplatz – das Laborexperiment**

Der Einfluss unterschiedlicher Visualisierungsvarianten am Arbeitsplatz auf die Produktivität von Wissensarbeitern wurde in einem Experiment untersucht.

Das für die Aufgaben gewählte Szenario ist das Erstellen einer Veröffentlichung. Die Probanden sollten sich vorstellen, einen wissenschaftlichen Artikel geschrieben und diesen an zwei Kollegen zur Korrektur verschickt zu haben. Die beiden Kollegen hatten in diesem Szenario ihre getrennt erstellten Korrekturvorschläge auch schon in verschiedenen Dokumenten zurückgesendet. Die Aufgabe der Probanden bestand nun darin, nur bestimmte Korrekturvorschläge des jeweils ausgewählten Kollegen zu übernehmen und diese korrekt in den eigenen Text einzubauen. Richtige Antworten wurden positiv bewertet, Fehler wurden mit Abzügen in der Bewertung berücksichtigt (ein Maß für Effektivität). Darüber hinaus ist die dafür benötigte Zeit in die Bewertung mit eingeflossen (ein Maß für Effizienz). Als Maß für die erzielte Leistung je Aufgabe wurde dementsprechend der Leistungsquotient aus erzielten Punkte pro Zeiteinheit berechnet (demnach ein Maß für die Produktivität).

Alle Probanden haben die Eingangsaufgabe am Standardarbeitsplatz mit einem (einzigen) 19“-Bildschirm im 4:3-Format (Single) gelöst. Im Anschluss wurde dann jeweils die zweite Aufgabe je nach Gruppenzugehörigkeit an diesem Arbeitsplatz („Single“), an einem Arbeitsplatz mit einem 22“-Wide-Bildschirm („Wide“) oder an einem Arbeitsplatz mit drei zusammengeschalteten 19“-Bildschirmen im 4:3-Format („Trio“) bearbeitet. Bezogen auf die Pixelgröße und Pixeldichte waren alle verwendeten Bildschirme vergleichbar.

Um tatsächlich die Ergebnisse in Relation zur verfügbaren Visualisierungsfläche stellen zu können und um für alle Probanden gleiche Voraussetzungen zu gewährleisten, wurden die Applikationsfenster in vermeintlich günstiger Größe und Position standardmäßig vorgegeben, ohne allerdings den Anspruch zu erheben, dass die gewählten Anordnungen das Optimum darstellen.

Im Anschluss an die jeweilig gelösten Aufgaben wurde ein Fragebogen den Probanden gereicht. In beiden Fällen wurden die Testteilnehmer zu ihrer Zufriedenheit mit ihrer eigenen Leistung sowie zur Zufriedenheit mit dem Anzeigesystem befragt.

Die Versuchsdaten von 67 der insgesamt 71 Probanden wurden bei der statistischen Auswertung berücksichtigt. Die Ergebnisse der vier übrigen Probanden wur-



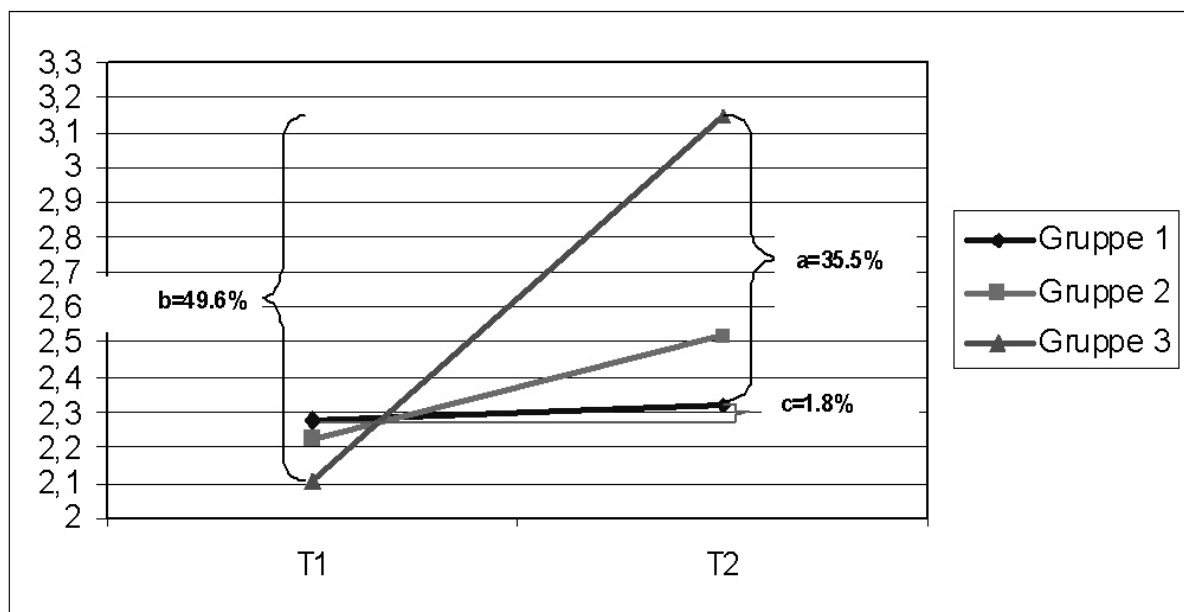
den aufgrund technischer Probleme bei der Durchführung des Tests nicht einbezogen (z.B. Probleme bei der Nutzung der eingesetzten Software). In Tabelle 1 ist die Stichprobe dargestellt.

**Tabelle 1:** Überblick Probanden Laborexperiment

	Gesamt	Gr. 1 (Single)	Gr. 2 (Wide)	Gr. 3 (Trio)
Probanden	67	19	24	24
Altersmittel	32,5	34,0	31,5	32,4
Männer	46	11	17	18
Frauen	21	8	7	6

#### 4. Monitore und Produktivität – die Ergebnisse

Grundlage für die Berechnung einer prozentualen Steigerung der Produktivität durch größere oder mehrere Bildschirme ist das gewählte Maß „Punkte pro Zeiteinheit“. Dabei wurde ein Mittelwert der individuellen Leistungsquotienten der Probanden pro Gruppe und für jede Aufgabe berechnet. In Gruppe 1 (Single), hat sich der mittlere Leistungsquotient von Aufgabe 1 zu Aufgabe 2 um 1,8% erhöht. In Gruppe 2 (Wide) erhöhte sich der Mittelwert aller Probanden um 13,2%, in Gruppe 3 (Trio) um 49,6%. Da das Setting der Gruppe 1 in beiden Aufgaben unverändert gewesen ist, kann dieser Wert als Lerneffekt interpretiert werden. Dieser Lerneffekt gilt jedoch für alle Gruppen, da alle Gruppen die Aufgabe 1 am 19“-Monitor-Setting (Single) bearbeitet haben. Wird dieser Lerneffekt bei der Berechnung der Werte für Gruppe 2 und Gruppe 3 in gleicher Höhe berücksichtigt, so beläuft sich die Steigerung innerhalb Gruppen 2 auf 11,4% und innerhalb der Gruppe 3 auf 47,8%. Betrachtet man allerdings nur die Unterschiede der Leistungsquotienten bezogen auf Aufgabe 2 und verwendet das Produktivitätsniveau von Gruppe 1 (Single) als Basis, so ergibt sich für die Gruppe 2 eine Produktivitätssteigerung um 8,3% und für Gruppe 3 eine Erhöhung um 35,5% (vgl. Abbildung 1).



**Abbildung 1:** Leistungsmittelwerte der Gruppen in "Punkte pro Zeiteinheit [P/t]" bei Aufgabe 1 (T1) und bei Aufgabe 2 (T2)

Beide Berechnungsweisen haben Ihre Berechtigung. Die vorsichtiger Annahme ist aber diejenige, die den relativ geringen Unterschied der Produktivitätsniveaus im 19“-Monitor-Setting vernachlässigt und das beste mittlere Produktivitätsniveau als Ausgangsbasis für die weitere Berechnung verwendet. Es ist anzunehmen, dass die Probanden schneller das Optimum am gewohnten Ein-Bildschirm-Arbeitsplatz erzielen als an einem neuen Arbeitsplatz mit größerer Visualisierungsfläche.

Es ist zu erwähnen, dass die erzielten Ergebnisse in Bezug auf das 3-Monitor-Setting statistisch signifikant ( $p < 0.0001$ ) sind, während die Werte für das Arbeitsplatz-Setting mit dem Wide-Monitor nicht signifikant (0.072) sind, aber als Tendenz gewertet werden können.

Grundsätzlich zeigte die Befragung der Probanden eine statistisch signifikante (.0001) Steigerung der Zufriedenheit, sobald ein größeres Anzeigensystem bei Aufgabe 2 verwendet worden ist. Dieses Ergebnis ist kongruent mit anderen aktuellen Studien (Kelter et al. 2009), die einen positiven Zusammenhang von Bildschirmgröße und Produktivität bzw. Zufriedenheit aufzeigen konnten.

## 5. Ausblick

Die Visualisierung am Arbeitsplatz unterliegt derzeit dynamischen technologischen Entwicklungen und ist dadurch Treiber von Innovationen in der Arbeitsumgebung. Der Einsatz von verbesserten Visualisierungstechnologien für vielfältigere Zwecke unterstützt nicht nur den Einzelnen sondern auch insbesondere die Kommunikation und die Kooperation in (verteilten) Teams. Darüber hinaus zeigen verbesserte und gezielte Visualisierungen indirekten Einfluss auf die Qualität der visuellen Wahrnehmung, auf die emotionale Lichtstimmung und auch physiologisch-biologische Wirkungen (Spath et al. 2009). Der LightFusion-Ansatz am Fraunhofer IAO untersucht diese Einflüsse und es ist zu erwarten, dass sich dadurch weitere Innovations- und Produktivitätspotenziale durch Visualisierung am Arbeitsplatz und in der Arbeitsumgebung erschließen lassen.

## 6. Literatur

1. Haner, U.-E., Kelter, J., Bauer, W. & Rief, S. 2009, Increasing Information Worker Productivity through Information Work Infrastructure. In: Proceedings of Human Computer Interaction International, San Diego, USA, 19-24 July 2009.
2. Kelter, J., Rief, S., Bauer, W. & Haner, U.-E. 2009, Information Work 2009 – Über die Potenziale von Informations- und Kommunikationstechnologien bei Büro- und Wissensarbeit. Stuttgart: Fraunhofer-Verlag.
3. Kern, P., Bauer, W. & Haner, U.-E. 2007, Optimierte Infrastruktur für Wissensarbeit, Mensch und Büro, Nr.2 , 36-37.
4. Spath, S., Bues, M., Haner, U.-E., Leuteritz, J.-P., Pross, A. & Stefani, O. 2009, LightFusion – Die Synthese von Licht und Display am Wissensarbeitsplatz, Industrie-Management, Nr. 2, 36-38.

# Information Work 2009Plus – Über die Potenziale von Informations- und Kommunikationstechnologien bei Büro- und Wissensarbeit

Jörg KELTER

*Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO),  
Nobelstraße 12, D-70569 Stuttgart*

**Kurzfassung:** Als Beitrag zur Identifikation nutzbarer Produktivitätspotenziale im Büro werden auf Basis der im Rahmen des Verbundforschungsprojektes OFFICE 21® durchgeführten empirischen Studie »Information Work 2009« Ergebnisse vorgestellt, die aufzeigen, wie sich stationäre bzw. mobile Wissensarbeit in einem spezifischen Technologie- und Arbeitsumfeld ganz unterschiedlich entwickeln. Neben zahlreichen explorativen Gesamtauswertungen zum allgemeinen Arbeitsumfeld von Bürobeschäftigten werden insbesondere die Unterschiede bei vier speziellen Typen von Wissensarbeitern näher untersucht und beschrieben. Und zwar sowohl im Hinblick auf typische technologische Ausstattungs- und Qualitätsmerkmale als auch in Bezug auf damit verbundene Kennwerte für deren Prozess-Performance, Arbeitszufriedenheit und Wohlbefinden.

**Schlüsselwörter:** Empirische Studie, Wissensarbeits-Typologien, IuK-Qualität, Prozess-Performance.

## 1. Einleitung

Ausgelöst durch technische Innovationen und neue Formen der Unternehmens- und Arbeitsorganisation wird in vielen Bereichen Arbeit insgesamt komplexer und stellt höhere Anforderungen an die Qualifikationen bzw. Kompetenzen der Beschäftigten. In der Folge ergeben sich insbesondere für Büro- und Wissensarbeit vielfältige Konzepte, Lösungen und Produkte, die es erlauben, ein sehr heterogenes und differenziertes Arbeits-, Technik-, Raum- und Büroumfeld zu schaffen.

Doch was brauchen Menschen, deren Aufgabe im Wesentlichen darin besteht, Wissen zu erwerben, zu erzeugen, zu bündeln oder anzuwenden wirklich? Insbesondere wenn man diese Fragestellung darauf fokussiert, welche informations- und kommunikationstechnische Ausstattung (IuK) geeignet ist, diese Aufgaben erfolgreich und performant zu bewältigen, stellt man fest, dass hierzu wenige aktuelle Erkenntnisse vorliegen. Wie also kann insbesondere Informationsarbeit – im englischen Sprachraum als »Information Work« bezeichnet – in Verbindung mit einer geeigneten Informations- und kommunikationstechnischen Ausstattung produktiv gestaltet werden? Wie sieht die aktuelle und gängige Praxis aus, und wo lassen sich Wirkungszusammenhänge aufzeigen? Im Fokus der empirischen OFFICE 21®-Studie »Information Work 2009« stehen daher folgende Leitfragen:

- Welche informations- und kommunikationstechnische Ausstattung ist für welche unterschiedlichen Typen von Wissensarbeitern charakteristisch?
- Wie gut können unterschiedliche Technologien und Werkzeuge Informationsarbeit unterstützen?
- Welche IT-Anwendungen und Funktionen werden wie intensiv genutzt bzw.

was davon ist für wen wie sinnvoll und unterstützt die Performance wirklich?

- Lassen sich generelle Wirkungszusammenhänge aufzeigen?

Ziel der noch laufenden Studie ist es, diese Fragestellungen zu untersuchen, um insbesondere im Hinblick auf die Nutzung informations- und kommunikationstechnischer Lösungen, ein differenziertes Bild über Arbeitsweisen und Anwendungsverhalten unterschiedlicher Typen von Wissensarbeitern zu erhalten.

## 2. Methode

Die Studie ist in Form einer empirischen, webbasierten Erhebung angelegt und weiterhin online verfügbar ([www.iw.web-erhebung.de](http://www.iw.web-erhebung.de)).

Der Fragenkatalog umfasst dabei insgesamt sieben unterschiedliche Themenblöcke (Grundsätzliche Aspekte und Merkmale der Arbeit; Mobilität und Flexibilität der Arbeit; IuK-Ausstattung und deren Nutzung; Verfügbare System-/Programmfunktionen; Sicherheit und Datenschutz; Bewertung der Arbeitsbedingungen; Allgemeine Angaben).

Grundlage der nachfolgenden ersten (Zwischen-)Auswertungen sind die seit Freischaltung des Portals »Information-Worker-Check« von Januar 2008 bis Ende Dezember 2008 vorliegenden Daten von  $n = 1.020$  Teilnehmern.

### 2.1 Teilnehmerstruktur

Bezüglich der Teilnehmerstruktur ergibt sich folgende Verteilung (Auszug).

Nach regionale Herkunft bzw. Sitz des Unternehmens:

- 71% Deutschland,
- 6% Österreich, Schweiz bzw. restliches Europa,
- 23% ohne Angaben.

Nach Geschlecht:

- 32% weiblich,
- 68% männlich.

Nach Personalverantwortung:

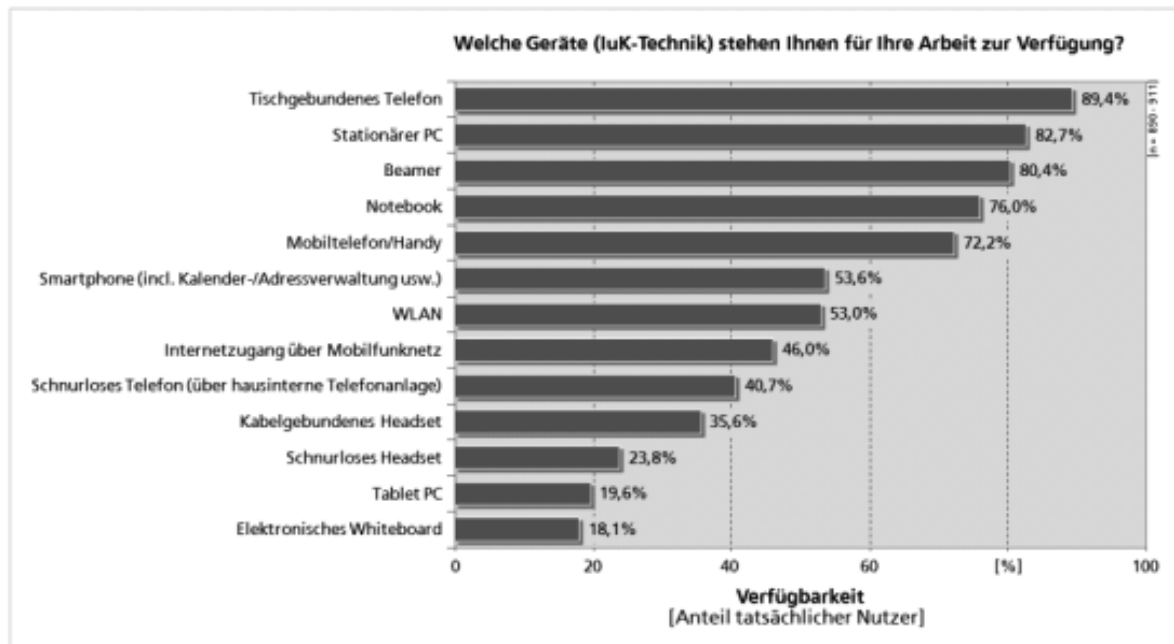
- 22% Entscheider im oberen und mittleren Management,
- 24% Führungskräfte mit Personalverantwortung für kleineren Bereich,
- 54% Mitarbeiter ohne Personalverantwortung.

## 3. Ergebnisse

### 3.1 IuK-Ausstattung

Eine erste Auswertung in Bezug auf die zur Verfügung stehende IuK-Ausstattung liefert ein heterogenes Bild. Insgesamt betrachtet, gehören erwartungsgemäß insbesondere Telefon und Computer zu den typischen Arbeitsmitteln von Informations- und Wissensarbeitern. Für die allermeisten der Befragten wird das Arbeitsmittel »Telefon« in Form eines tischgebundenen Apparates (89,4%) zur Verfügung gestellt. Daneben werden jedoch von vielen auch Mobiltelefon/Handy (72,2%), Smartphone (53,6%) sowie schnurlose Telefone, die als Komponente einer hausinternen Telefonanlage zur Verfügung stehen (40,7%), genutzt. Stationäre PC's (82,7%) und Notebooks (76,0%) stehen bei vielen Anwendern offensichtlich parallel zur Verfügung.

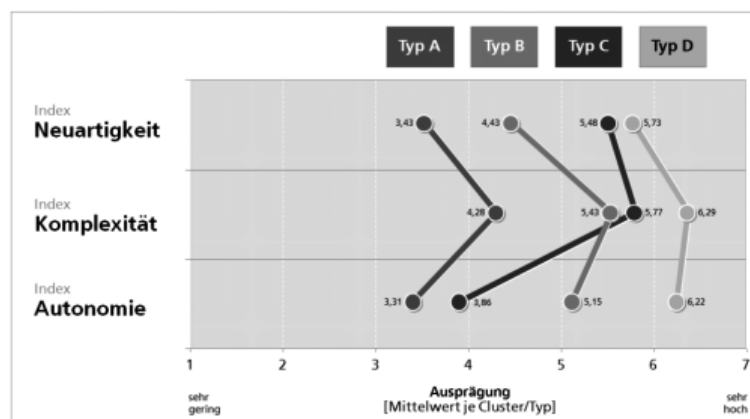
Tablet PC's kommen derzeit bei insgesamt knapp 20% der Befragten zum Einsatz. Darüber hinaus gehören Beamer (80,4%), WLAN (53,0%) oder der Internetzugang über ein Mobilfunknetz (46%) für einen Großteil der Befragten zum Arbeits-Alltag (vgl. Abbildung 1).



**Abbildung 1:** Für die eigene Arbeit zur Verfügung stehende IuK-Ausstattung und Anteil tatsächlicher Nutzer (Gesamtauswertung; Mehrfachantworten möglich)

### 3.2 Clusteranalyse zur Identifizierung unterschiedlicher Wissensarbeits-Typen

Die abgefragten Einzelmerkmale der Arbeit wurden auf Basis einer faktoranalytischen Überprüfung zu drei merkmaltypischen Indizes zusammengefasst.



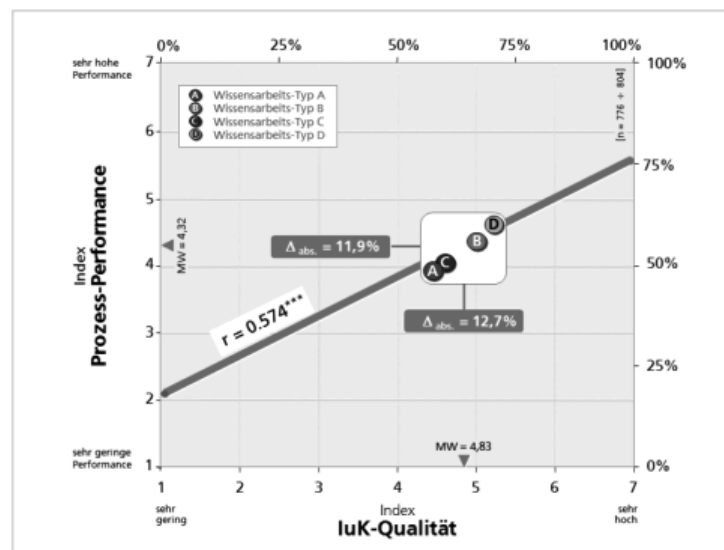
**Abbildung 2:** Kennwerte und Profile der vier unterschiedlichen Wissensarbeits-Typen im Vergleich

Diese Indizes beschreiben Wissensarbeit in Bezug auf die Dimensionen Neuartigkeit, Komplexität und Autonomie. Auf Basis einer Clusteranalyse konnten vier unterschiedliche Typen von Wissensarbeitern identifiziert werden. Die spezifischen Profile der vier Wissensarbeits-Typen über diese Indizes sind in Abbildung 2 dargestellt.

### 3.3 Prozess-Performance

Die vier Wissensarbeits-Typen wiederum unterscheiden sich nicht nur im Hinblick auf typische technologische Ausstattungs- und Qualitätsmerkmale, sondern auch bezüglich einer Reihe anderer Kennwerte – wie z. B. ihrer Produktivität. Zur Bildung eines geeigneten Produktivitäts-Kennwertes wurde aus fünf abgefragten Items zu unterschiedlichen Prozess-, Effizienz- und Effektivitätsmerkmalen der Index „Prozess-Performance“ gebildet. Er beschreibt und misst die subjektiv empfundene Produktivität der Befragten.

Zwischen den Indizes „Prozess-Performance“ und „IuK-Qualität“ konnte ein hochsignifikanter Zusammenhang aufgezeigt werden. Die Einordnung der vier Wissensarbeits-Typen in ein diesbezügliches Ergebnis-Portfolio ist in Abb. 3 dargestellt.



**Abbildung 3:** Ergebnis-Portfolio über die Indizes Prozess-Performance vs. IuK-Qualität

Das bedeutet: Die IuK-Qualität korreliert in sehr hohem Maße mit der Prozess-Performance ( $r=0.574^{***}$ ). Oder: Je höherwertiger die Qualität der zur Verfügung stehenden IuK-Ausstattung ist, desto höher ist im Allgemeinen auch die Prozess-Performance der jeweiligen Wissensarbeiter ( $\Delta\text{Typ} = 11,9\% \div 12,7\%$ ). Auch wenn die dargestellten Ergebnisse nur einen kleinen Ausschnitt der Studie wiedergeben, zeigt sich deutlich, dass es lohnend ist, sich mehr als nur oberflächlich mit dem Thema Büro- und Wissensarbeitern auseinander zu setzen. Will man aus Unternehmenssicht die Performance seiner Wissensarbeiter signifikant erhöhen, gilt es, sowohl technische, organisatorische als auch räumliche Hemmnisse zu beseitigen. Dabei sind Investitionen in eine qualitätsvolle, hochwertige und moderne Technologie- und Technikausstattung kein Selbstzweck, sondern ein erster Schritt in die richtige Richtung. Denn diese verbessern die Performance und Produktivität bei Büro- und Wissensarbeitern nachweislich und entscheidend.

## 4. Literatur

1. Spath, D. (Hrsg.) 2009, Information Work 2009. Stuttgart: Fraunhofer-Verlag.



## Führung bei mobiler Arbeit durch informationstechnische Führungssubstitute

Markus KOHN

*Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung DGUV, Sicherheit und Gesundheit,  
Alte Heerstraße 111, D-53757 Sankt Augustin*

**Kurzfassung:** Viele Aspekte der praktischen Arbeitsgestaltung, die bei traditionellen Arbeitsformen als weitgehend gelöst betrachtet werden können, müssen bei den neuen mobilen Arbeitsformen unter geänderten Bedingungen neu betrachtet werden. Einer dieser Aspekte ist die Führung der mobil arbeitenden Akteure. Eine personalisierte Führung durch einen direkten Vorgesetzten ist aufgrund der Mobilität der Beschäftigten hierbei nicht immer ohne weiteres möglich. Inwiefern und unter welchen Bedingungen bei nicht vorhandenem personalisiertem Führer die eingesetzten informationstechnischen Systeme selbst die notwendigen Führungsaufgaben übernehmen können, ist bisher weitgehend ungeklärt. Der Beitrag berichtet über eine Untersuchung, die unter Verwendung des seit längerem bekannten Konzepts der Führungssubstitute, dieser Frage erstmalig systematisch nachgeht.

**Schlüsselwörter:** Strukturelle Führung, Führungssubstitute, mobile Arbeit, Informationstechnologie.

### 1. Die Führungsproblematik bei mobiler Arbeit

Mobile Arbeit ist die Möglichkeit für eine Person, unterstützt von Informationstechnologie auf flexible Weise unterwegs zu sein und jederzeit an jedem Ort Arbeitsaufgaben durchführen zu können (Vartiainen 2006). Bezogen auf Führung ist mobile Arbeit daher durch einige besondere Merkmale gekennzeichnet: Auf der Ebene des Individuums durch einen Mangel an persönlichem Kontakt zum direkten Vorgesetzten und aufgrund dessen durch eine verstärkte Delegation von Führungsaufgaben vom Vorgesetzten auf das mobil arbeitende Individuum (Rump & Groh 2006), auf der Ebene der Gruppe durch asynchrone Arbeitsabläufe und nebenläufige Arbeitsprozesse (Rump et al. 2005), und auf der Ebene der Organisation durch die ortsunabhängige Allgegenwart von Informationstechnologie (Ubiquität) sowie die dadurch bedingte – und heutzutage auch erwartete – ständige Erreichbarkeit der mobil arbeitenden Individuen eines Unternehmens (Scheer et al. 2002). Diese Merkmale betreffen die Kernbereiche der Führung, nämlich Koordination, Kontrolle, Motivation und Information, und stellen damit Probleme dar, die mit den traditionellen Methoden der direkten Führung nicht oder nur unzureichend gehandhabt werden können (Schulte 1999). Andererseits ist mobile Arbeit auf der Ebene der Technik durch ständig mitgeführte fortschrittliche Informationstechnologie (große Geschwindigkeit und Kapazität, nahezu unbegrenzt mitführbare elektronische Ressourcen, Zugang zum Unternehmensnetz durch weit verbreitete Mobilfunktechnologie etc.) gekennzeichnet. Dies führt zwangsläufig zu der Frage, ob diese mitgeführte und eingesetzte Informationstechnologie hier nicht auch Führungsaufgaben übernehmen kann und falls ja, unter welchen Bedingungen? Dieser Fragestellung wurde in einer größeren Untersuchung

(Kohn 2009) erstmalig nachgegangen.

## **2. Strukturelle Führung durch Führungssubstitute**

Führungssubstitute sind Strukturen, die den Einfluß eines hierarchischen Führers auf die Zufriedenheit und Leistungsfähigkeit der Geführten in der Erreichung der Ziele aufheben (Kerr & Jermier 1978), den hierarchischen personalisierten Führer also unter bestimmten Bedingungen ersetzen können. Diese ursprüngliche Definition ist bis auf kleinere konzeptionelle Verfeinerungen durch die neuere Führungsforschung (siehe dazu z.B. Jermier & Kerr 1997) bis heute gültig.

Führungssubstitute können nun unter zwei Blickwinkeln betrachtet werden (Kohn 2009): Die erste Sichtweise, die Konkurrenzsicht, untersucht, ob und inwieweit ein gleichzeitig vorhandener hierarchischer Führer durch Führungssubstitute verdrängt werden kann. Ein Großteil der Forschung zum Thema ist dieser Sichtweise zuzuordnen. Bis heute konnte für diesen Verdrängungseffekt jedoch kein empirischer Nachweis erbracht werden. Die zweite Sichtweise, die Konstruktionssicht, untersucht die Bedingungen und Möglichkeiten für strukturelle Führung durch Führungssubstitute bei abwesendem oder nicht vorhandenem personalisierten Führer. Diese Sichtweise findet sich in der Forschung bisher nur implizit und ansatzweise und auch nur sehr vereinzelt (z. B. Lawler 1988). Da bei mobiler Arbeit kein vorhandener Führer verdrängt sondern ein nicht vorhandener ersetzt werden soll, ist die Konstruktionssicht in diesem Fall anzuwenden.

## **3. Anforderungen an informationstechnische Führungssubstitute**

Führungstheoretische Grundlagen, sozio-technische Modelle zum Zusammenspiel von Systemgestaltung und Anwenderverhalten, Untersuchungen zu mobiler Arbeit sowie einige andere arbeitswissenschaftliche Felder bieten eine Vielzahl von gesicherten Erkenntnissen, aus denen eine Reihe von Anforderungen an informationstechnische Systeme, die als Führungssubstitute eingesetzt werden sollen, abgeleitet werden kann. Beispielhaft sollen hier einige dieser Anforderungen kurz aufgeführt werden.

Seit längerem ist aus empirischen Untersuchungen zur Führung bekannt, daß Individuen zur Durchführung ihrer Arbeitsaufgaben Informationen zu Art und Umfang der Aufgabe, über Wege zur Durchführung - und in deren Verlauf eine Rückmeldung über den jeweiligen Grad der Aufgabenerfüllung - sowie eine entsprechende Motivation benötigen (Kerr & Slocum 1975). Diese Mindestanforderung zur Information und zur Motivation müssen daher auch informationstechnische Führungssubstitute in der Lage sein, zu erfüllen.

Die oben aufgeführten Merkmale mobiler Arbeit haben eine Reihe von speziellen Führungsproblemen zur Folge: Neben der Information und der Motivation sind dies insbesondere die erschwerte Kontrolle der Arbeitsleistung sowie die verstärkt notwendige Koordination der Zusammenarbeit mehrerer mobiler Akteure (Schulte 1999). Informationstechnische Führungssubstitute müssen daher geeignete Mechanismen zur Kontrolle der Arbeitsleistung sowie zur Unterstützung der Zusammenarbeit zur Verfügung stellen.

Forschungen zur elektronischen Unterstützung von Führungsprozessen haben ergeben, daß zur Kommunikation eingesetzte technische Medien so gestaltet sein



müssen, daß sie eine schnelle, genaue, komplexe und vertrauliche Kommunikation ermöglichen (Picot 1992). Informationstechnische Führungssubstitute müssen daher, wenn sie mit der Kommunikation eine Führungsaufgabe übernehmen sollen, ebenfalls entsprechende Kommunikationsmechanismen aufweisen, die dieser Anforderung genügen.

Neben diesen noch recht einfachen und grundlegenden Anforderungen läßt sich noch eine Reihe von anspruchsvolleren Anforderungen ableiten: So findet beispielsweise die Wechselwirkung zwischen einem informationstechnischen System und dem alltäglichen Arbeitshandeln der Anwender des Systems nach bestimmten Mustern statt, die ihren Niederschlag wiederum in entsprechenden sozialen und technischen Strukturen finden (DeSanctis & Poole 1994). Diese Muster und Strukturen muß ein informationstechnisches Führungssubstitut geeignet repräsentieren können. Weiterhin haben die Untersuchungen zur elektronischen Führung als sozialer Einflußprozeß ergeben, daß hierbei durchaus Konflikte auftreten können (Cascio & Shurygailo 2003): So kann beispielsweise einem Führungsinteresse an Aufgabenteilung und Kontrolle das Interesse der Geführten an Autonomie und Verantwortung entgegenstehen. Auch aus diesen Aspekten ergeben sich entsprechende Anforderungen.

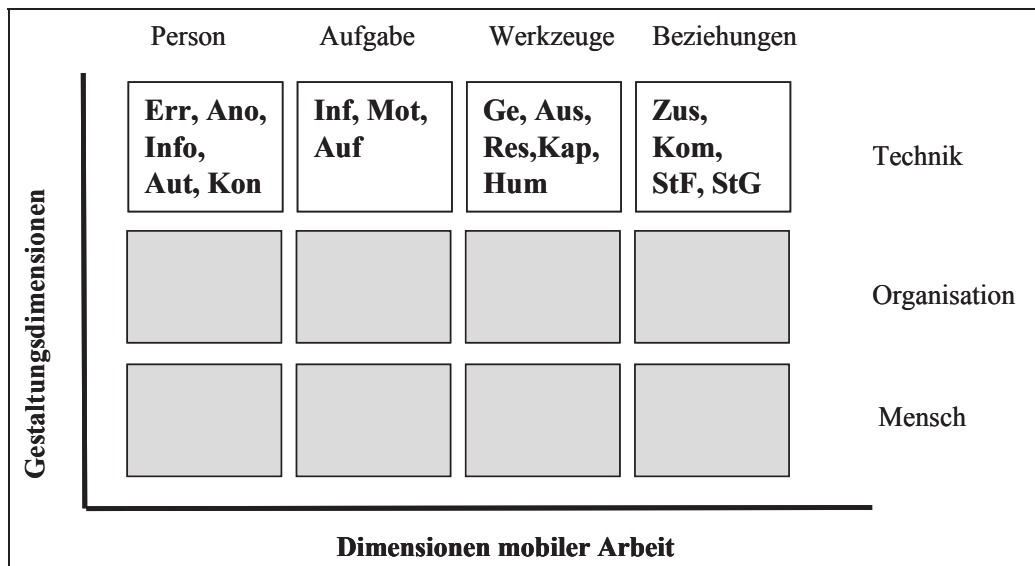
Tabelle 1 gibt eine Übersicht über die auf diese Art und Weise abgeleiteten Anforderungen, die unabhängig von der jeweiligen Möglichkeit einer technischen Implementierung an informationstechnische Führungssubstitute gestellt werden können. Abbildung 1 zeigt die Einordnung dieser Anforderungen in ein von Schmidt und Luczak entworfenes Modell für mobile Arbeit (Schmidt & Luczak 2006).

**Tabelle 1:** Anforderungen an informationstechnische Führungssubstitute (Liste)

<b>Anforderung</b>		<b>Anforderung</b>	
<b>Err</b>	Erreichbarkeit der Akteure	<b>Ge</b>	kohärenter Geist des Systems
<b>Ano</b>	Vermeidung von Anonymität	<b>Aus</b>	Ausführungsarten der Strukturierung
<b>Info</b>	geeignete Darstellung der Information	<b>Res</b>	Zugriff auf Ressourcen
<b>Aut</b>	Autonomie der Akteure	<b>Kap</b>	beschränkte Informationskapazität
<b>Kon</b>	Kontrolle der Arbeitsleistung	<b>Hum</b>	humane Systemgestaltung
<b>Inf</b>	Informationen zur Zielerreichung	<b>Zus</b>	Zusammenführung von Ergebnissen
<b>Mot</b>	Motivation zur Durchführung	<b>Kom</b>	Bedingungen der Kommunikation
<b>Aut</b>	Übermittlung klarer Arbeitsaufgaben	<b>StF</b>	Steuerung durch die Führung
		<b>StG</b>	Steuerung durch die Gruppe

#### 4. Ausblick

Bei den in der vorgestellten Untersuchung abgeleiteten Anforderungen an informationstechnische Führungssubstitute handelt es sich zunächst um rein technische Anforderungen. Für den erfolgreichen Einsatz von informationstechnischen Führungssubstituten bei mobiler Arbeit sind jedoch ebenso Gestaltungsmaßnahmen auf individueller und auf organisatorischer Ebene erforderlich. Beispiele hierfür sind die Durchführung geeigneter Kompetenzbildungsmaßnahmen für die mobilen Akteure oder die Etablierung einer entsprechenden Führungskultur in der Organisation. Die Ableitung entsprechender Anforderungen bildet ein Potential für weitere Untersuchungen (vgl. Abbildung 1). Ebenso muss durch entsprechende empirische Untersuchungen die bisher nur theoretisch abgeleiteten Anforderungen durch praxisbezogene Erkenntnisse unterstützt werden.



**Abbildung 1:** Anforderungen an informationstechnische Führungssubstitute (Modell)

Führung bei mobiler Arbeit durch informationstechnische Führungssubstitute, insbesondere in der Konstruktionssicht, ist ein bisher von der Forschung weitgehend unbearbeitetes Feld. Die vorgestellte Untersuchung liefert hier einen ersten Beitrag.

## 5. Literatur

1. Cascio, W.F. & Shurygailo, S. 2003, E-Leadership and Virtual Teams, *Organizational Dynamics*, 31, 362-376.
2. DeSanctis, G. & Poole, M.S. 1994, Capturing the Complexity in Advanced Technology Use: Adaptive Structuration Theory, *Organization Science*, 5, 121-147.
3. Jermier, J.M. & Kerr, S. 1997, "Substitutes for leadership: Their meaning and measurement" – Contextual Recollections and current Observations, *Leadership Quarterly*, 8, No. 22, 95-101.
4. Kerr, S. & Jermier, J.M. 1978, Substitutes for leadership: Their meaning and measurement, *Organizational Behaviour and Human Performance*, 22, 375-403.
5. Kerr, S. & Slocum, J.W.Jr. 1981, Controlling the performances of people in organizations. In: P. Nystrom & W. H. Starbuck (Eds.), *Handbook of Organizational Design*, Volume 2. New York: Oxford University Press, S.116-134.
6. Kohn, M. 2009, Führung bei mobiler Arbeit durch informationstechnische Führungssubstitute, Diplomarbeit. Bochum: Ruhr-Universität Bochum.
7. Lawler, E.E. III 1988, Substitutes for hierarchy, *Organizational Dynamics*, 17, 5-15.
8. Rump, J. & Groh, S. 2006, Electronic Mobility – Erscheinungsformen und Auswirkungen auf Beschäftigte und Betriebsräte. Ludwigshafen: Expertise der FH Ludwigshafen.
9. Scheer, A.-W., Feld, T., Göbl, M. & Hoffmann, M. 2002, Das mobile Unternehmen. In: T. Wilhelm (Hrsg.), *Mobile Commerce: Grundlagen, Geschäftsmodelle, Erfolgsfaktoren*. Wiesbaden: Gabler.
10. Schmidt, L. & Luczak, H. 2006, Model-based Design of Mobile Work Systems. In: J.H.E. Andriessen & M. Vartiainen (Eds.), *Mobile Virtual Work – A New Paradigm ?*. Berlin: Springer, S. 153-176.
11. Schulte, B.A. 1999, *Organisation mobiler Arbeit: Der Einfluß von IuK-Technologien*. Wiesbaden: Deutscher Universitäts-Verlag.
12. Vartiainen, M. 2006, Mobile Virtual Work – Concepts, Outcomes and Challenges. In: J.H.E. Andriessen & M. Vartiainen (Eds.), *Mobile Virtual Work – A New Paradigm ?*. Berlin: Springer, S. 13-44.

## Bedarf für ein sensorbasiertes, computergestütztes Störungs-Management-System

Matthias KROPFF<sup>1</sup>, Wolfgang ELLERMEIER<sup>2</sup>, Victoria THIO<sup>2</sup>, Florian KATTNER<sup>2</sup>, Michael GRÄF<sup>2</sup> und Ralf STEINMETZ<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Fachgebiet Multimedia Kommunikation,  
Rundeturmstr. 10, D-64283 Darmstadt*

<sup>2</sup> *Arbeitsgruppe Angewandte Kognitionspsychologie,  
Alexanderstr. 10, D-64283 Darmstadt*

**Kurzfassung:** In einem interdisziplinären Forschungsvorhaben wird derzeit untersucht, wie sich Unterbrechungen geistiger Arbeit auswirken und wie mit den Mitteln der Informationstechnologie Unterstützung beim Störungs-Management gegeben werden kann. In einer ersten 'Status-Quo-Erhebung' wurden deshalb geläufige Störungs-Management-Strategien von Wissensarbeiter/innen erhoben und im Hinblick auf ihre Übertragbarkeit in das Assistenz-System untersucht. Es zeigten sich große individuelle Unterschiede in der Störbarkeit der Befragten und ihrer Bereitschaft, einem künftigen 'virtuellen Assistenzsystem' Informationen über das eigene Arbeitsverhalten zur Verfügung zu stellen.

**Schlüsselwörter:** Kommunikations-Management, Störungen, Unterbrechungen, Multitasking.

### 1. Einleitung: Auswirkung von Unterbrechungen bei wissensintensiver Arbeit

Im Rahmen telekooperativer Arbeits- und Organisationsformen erlauben es die Informations- und Kommunikationstechnologien (IuK) und im Besonderen die Medien der Computer-vermittelten Kommunikation (CvK), wie E-Mail, Telefon, Instant Messaging und SMS, allorts und jederzeit aus unterschiedlichen Situationen heraus spontan zu kommunizieren. Der Einsatz von IuK-Technologien und die Möglichkeit, durch CvK-Medien in geographisch verteilten Arbeitsgruppen zu kommunizieren, gilt als eine der Schlüsselkomponenten, die Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen auf den wissensintensiven Arbeitsmärkten der Zukunft zu sichern.

Untersuchungen zeigen jedoch, dass die erzielten Produktivitätsgewinne dieser Technologien begrenzt sind (Speier et al. 1999). Eingehende Kommunikationsanfragen sowie Benachrichtigungen von Softwaresystemen führen zur Unterbrechung der primären Arbeitsaufgabe. Übersteigt durch das somit entstehende Multitasking die Anzahl von Informationsreizen die begrenzten kognitiven Ressourcen des Empfängers, so entsteht Informationsüberflutung (information overload) (Milford & Perry 1977). Als Folge zeigt sich, dass sich die Fehlerrate innerhalb einer kognitiv anspruchsvollen Primäraufgabe erhöht und dass zusätzliche Zeit für die Wiedereinarbeitung benötigt wird (Speier et al. 1999; Basoglu et al. 2009). Der entstandene Mehraufwand kann zwar in begrenztem Rahmen durch schnelleres Arbeiten kompensiert werden, es erhöhen sich dadurch jedoch Stress, Frustration und geistige Beanspruchung (Mark et al. 2008).

Durch eine rein restriktive Haltung, z.B. durch Verzicht auf CvK- und IuK-Technologien werden die möglichen Kollaborations-Vorteile minimiert. Im Gegenzug

kann eine uneingeschränkte Verwendung durch das erzeugte Multitasking jedoch gleichzeitig negative Auswirkungen auf die eigene Leistungsfähigkeit haben.

Es ist eine arbeitswissenschaftliche und informationstechnische Herausforderung, ein intelligentes, sensorbasiertes Störungs-Management-System zu entwickeln, das in der Lage ist, die kognitiven Anforderungen der Arbeitsaufgabe sowie der Störung zu bewerten, und den aktuellen Zustand der Benutzer und ihre Prädispositionen arbeits- und kognitionspsychologisch adäquat zu berücksichtigen.

Grundsätzlich werden derzeit zwei Ansätze verfolgt: Im (a) Unterbrechungsmediierenden Ansatz wiegt ein Softwareagent autonom die Kosten einer möglichen Unterbrechung gegen ihren Informationswert auf und filtert bzw. verzögert ihr Eintreffen. Beim Ansatz der (b) Awareness-Systeme werden dem Initiator der Kommunikationssitzung Kontextinformationen über die aktuelle Arbeitssituation des Empfängers a priori elektronisch dargestellt. Anhand der Informationen kann dieser die entstehenden Kosten durch seine Anfrage abwägen und für seine Kommunikationsanfrage gegebenenfalls einen späteren Zeitpunkt wählen.

Zur Entwicklung beider Klassen von Assistenz-Systemen sind Informationen über den Status Quo derzeit praktizierten Unterbrechungsmanagements von Interesse sowie über die Bereitschaft potentieller Nutzer ihre Aktivitäten transparent zu machen. In der hier dargestellten Voruntersuchung soll deshalb geklärt werden, inwieweit bei wissensintensiven Arbeitsplätzen (a) ein Bedarf an einer Assistenz beim Management von Unterbrechungen am Arbeitsplatz gesehen wird und (b) die prinzipielle Bereitschaft vorhanden ist, Sensorinformationen über den eigenen Arbeitskontext weiteren Personen zur Ermittlung des Unterbrechbarkeitsstatus zur Verfügung zu stellen.

## **2. Methode: Fragebogenerhebung zu Unterbrechungen an wissensintensiven Arbeitsplätzen**

Zur Beantwortung der interessierenden Fragen wurde eine Stichprobe (N = 82, davon 38 weiblich) an vier Instituten der Technischen Universität Darmstadt bezüglich ihres Umgangs mit Störungen befragt. Die Stichprobe bestand aus Mitarbeiter/innen des Fachgebiets Multimediakommunikation sowie der Institute für Psychologie, Pädagogik und Sportwissenschaft. Der verwendete, standardisierte Fragebogen umfasste fünf Bereiche: (1) demographische Daten, (2) Erhebung zum persönlichen Störungs-Management-Konzept, (3) Profilerhebung der Tätigkeit, (4) Einstellung zu und Verwendung unterschiedlicher Kommunikationsmedien und (5) Bedarf an Störungs-Management sowie Einstellung zur Veröffentlichung von Informationen aus dem Arbeitskontext. Die Fragebögen wurden nach einer schriftlichen Vorankündigung persönlich ausgeteilt.

## **3. Ergebnisse der Umfrage**

Da spontane Unterbrechungen besonders bei kognitiv anspruchsvollen Aufgaben negative Auswirkungen verursachen sollen, wurden die Probanden gebeten - in Anlehnung an eine gängige Klassifikation von Büroaufgaben (Nippa 1998) - den Anteil von kreativen (M = 32%, SD = 20%), regelbasierten (M = 42%, SD = 21%) und Routineaufgaben (M = 26%, SD = 20%) an ihrer täglichen Arbeitszeit zu schätzen. Für die untersuchte Stichprobe ergaben sich also im Wesentlichen gleiche Anteile dieser

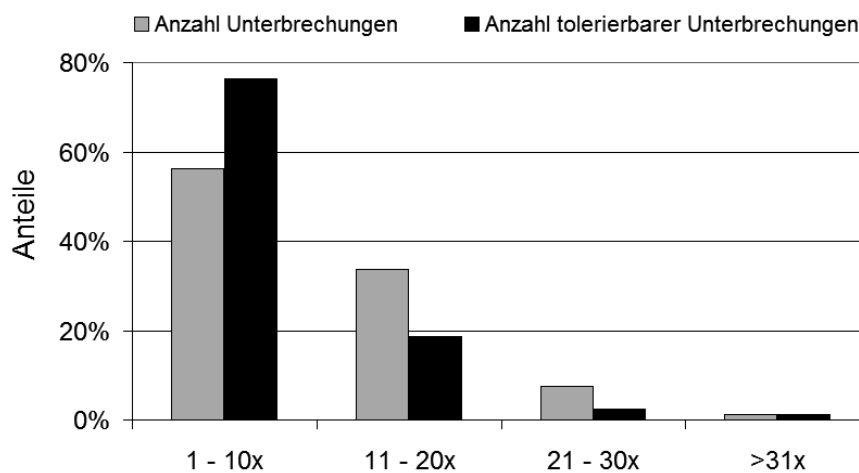
drei Arten von Tätigkeiten.

### 3.1 Persönliches Störungs-Management-Konzept und Bedarf an einer Assistenz

Die individuelle Störungs-Empfindlichkeit (‘interruption sensitivity’) der Befragten wurde anhand von 45 Items ermittelt, zu denen jeweils das Ausmaß der Zustimmung angegeben werden sollte (z.B. „Es gibt Tätigkeiten, bei denen ich absolut nicht gestört werden möchte.“; 1 = stimme überhaupt nicht zu, 4 = stimme voll zu). Ein höherer Wert bedeutete hierbei einen restriktiveren Umgang mit bzw. eine erhöhte Sensibilität für Unterbrechungen am Arbeitsplatz. Die Skala erreicht mit einem Cronbachs Alpha von 0.702 eine akzeptable Reliabilität und kann folglich in zukünftigen Untersuchungen zumindest zur Bestimmung von Gruppenunterschieden verwendet werden. Der Mittelwert in der Stichprobe war 2.67 (SD = 0.21; Spanne 2.04 - 3.11) und steht damit für ein mittleres Niveau an Restriktion von Unterbrechungen.

Mit einer vierstufigen Skala wurde die Zufriedenheit der Mitarbeiter hinsichtlich ihres Störungs-Managements erhoben. Insgesamt zeigte sich, dass etwa ein Viertel der Befragten unzufrieden mit dem bestehenden Störungs-Management auf individueller Ebene (26%) bzw. auf Gruppenebene (27%) waren und hierfür Verbesserungsbedarf auf individueller Ebene (24%) und Gruppenebene (23%) sahen. Es wird weiterhin deutlich, dass die Mitarbeiter mehrheitlich 1-10-mal am Tag spontan unterbrochen werden (vgl. Abbildung 1), wobei die individuelle Auswertung zeigt, dass 31% der Befragten somit häufiger unterbrochen werden, als sie es pro Tag tolerieren.

Auf die Frage wieviel Zeit für jede Unterbrechung aufgewendet wird, wird eine Zeitspanne von 4-9 Minuten am häufigsten genannt. Die anschließende Phase der Rückorientierung zur Primäraufgabe wird mehrheitlich mit 1-3 Minuten angegeben.

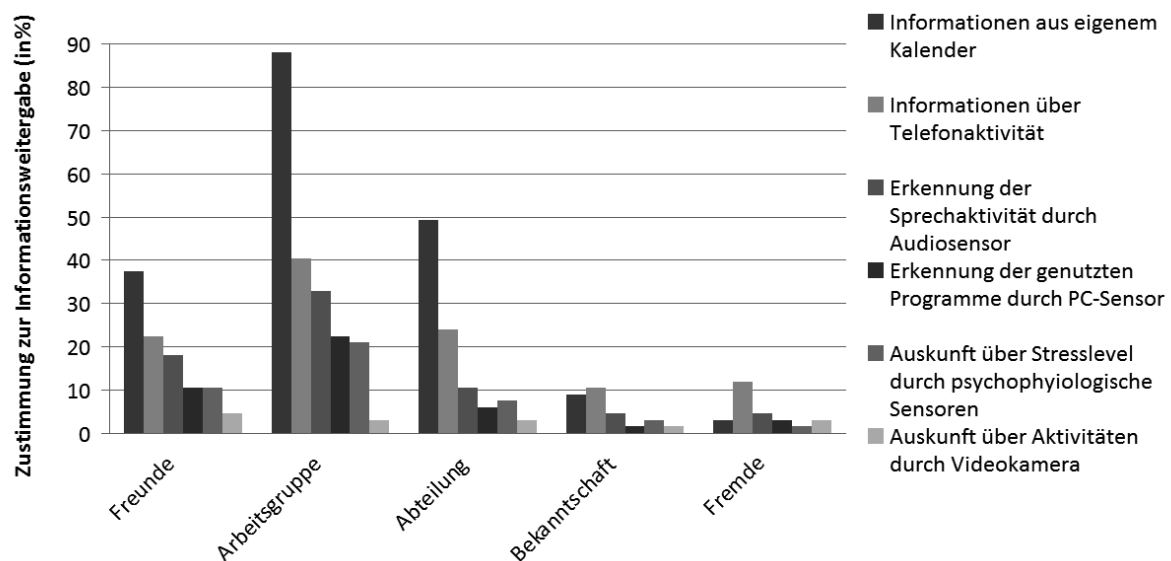


**Abbildung 1:** Unterbrechungen durch CvK-Medien und persönliche Gespräche pro Arbeitstag

Setzt man diese aufgenommenen Häufigkeiten und Zeitspannen miteinander in Beziehung, lässt sich aus diesen Daten schlussfolgern, dass täglich etwa 5 – 120 Minuten (1-10 Unterbrechungen von 5-12 Minuten) der Arbeitszeit für spontan eintreffende Arbeitsaufgaben aufgewendet wird und sich der Mehraufwand durch die Wiedereinarbeitung auf bis zu 30 Minuten (1-10 Unterbrechungen von 1-3 Minuten) aufsummiert.

### 3.2 Weitergabe von Sensor-Informationen aus dem persönlichen Arbeitskontext

In diesem Abschnitt sollte im Hinblick auf die in Abschnitt 2 angesprochenen Awareness-Systeme erhoben werden, welche Sensorinformationen aus dem persönlichen Arbeitskontext dritten Personen zugänglich gemacht würden. Abbildung 2 zeigt, dass lediglich Informationen aus dem elektronischen Kalender auf der Ebene der Arbeitsgruppe und der Abteilung zur Verfügung gestellt würden. Diese restriktive Einstellung lässt sich möglicherweise dadurch erklären, dass generell kein wesentlicher Bedarf an zusätzlichen Störungs-Management-Maßnahmen gesehen wurde und somit aus dieser rein hypothetischen Sicht auch kein wesentlicher Nutzen antizipiert werden konnte. Verstärkend mögen die aktuellen politischen Diskussionen zu Vorratsdatenspeicherung und Datenschutzrichtlinien gewirkt haben.



**Abbildung 2:** Häufigkeiten der Zustimmung zur Weitergabe persönlicher Informationen aus dem Arbeitskontext an verschiedene Personengruppen in Prozent (N = 67)

## 4. Literatur

1. Basoglu, K.A., Fuller, M.A. & Sweeney, J.T. 2009, Investigating the effects of computer mediated interruptions: An analysis of task characteristics and interruption frequency on financial performance, *International Journal of Accounting Information Systems*, 10, 177-189.
2. Mark, G., Gudith, D. & Klocke, U. 2008, The cost of interrupted work: more speed and stress. In: *Proceeding of the Twenty-Sixth Annual SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (Florence, Italy, April 05 - 10, 2008), CHI '08.
3. Milford, J.T. & Perry, R.P. 1977, A Methodological Study of Overload, *The Journal of General Psychology*, 97, 131-137.
4. Nippa, M. 1988, *Gestaltungsgrundsätze für die Büroorganisation: Konzepte für eine informationsorientierte Unternehmensentwicklung unter Berücksichtigung neuer Bürokommunikationstechniken*. Berlin: Schmidt.
5. Speier, C., Valacich, J.S. & Vessey, I. 1999, The influence of task interruption on individual decision making: An information overload perspective, *Decision Sciences*, 30, 337-360.



# Datenbrillen – Aktueller Stand von Forschung und Umsetzung sowie zukünftige Entwicklungsrichtungen

Katy VÖLKER, Lars ADOLPH, Marlene PACHARRA und Armin WINDEL

*Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin,  
Friedrich-Henkel-Weg 1-25, D-44149 Dortmund*

**Kurzfassung:** Datenbrillen oder Head Mounted Displays (HMD) als ein Bestandteil neuer Informations- und Kommunikationstechnologien halten in unterschiedlichen Ausführungen zunehmend Einzug in viele Arbeitsbereiche. Sie unterstützen die Beschäftigten beispielsweise bei der Kommissionierung, der Wartung, bei der Montage, während der Durchführung von Operationen und in vielen anderen Bereichen und in verschiedenen Branchen. Der Beitrag gibt einen Literaturüberblick und zeigt auf dieser Grundlage zukünftige Forschungsfragen auf.

**Schlüsselwörter:** Augmented Reality, Datenbrillen, Head Mounted Displays, Look-Around, Virtual Retinal Displays.

## 1. Einleitung

Bereits 1968 wurde das erste Head Mounted Display von Ivan Sutherland gebaut. Allerdings war es so schwer, dass es zusätzlich von der Raumdecke gehalten werden musste. Gegenwärtig sind HMDs wesentlich gebrauchstauglicher. So werden sie bereits in der Automobil- und Flugzeugmontage sowie im militärischen Bereich (z.B. im Apache Helikopter) erfolgreich eingesetzt. Derzeit werden HMDs entwickelt, die einen hohen Tragekomfort bei Gewährleistung einer guten optischen Qualität bieten sollen. Das Grundprinzip besteht darin, dass Bilddaten von einem Computer oder einer Kamera so im Auge abgebildet werden, dass für den Benutzer der Eindruck entsteht, das Bild schwebt vor ihm. Die Anreicherung der realen Welt mit zusätzlichen virtuellen Informationen im direkten Sichtfeld des Betrachters wird (nach Oehme 2004) als „Augmented Reality“ bezeichnet. Die technische Augmented Reality-Realisierung erfolgt dabei entweder als Look-Around oder Look-Through-Display (vgl. Tabelle 1). Ein entscheidender Vorteil dieser Technologie besteht in dem Zugang zu kontextspezifischen Informationen ohne Mobilitätsverlust.

**Tabelle 1:** Anzeigegeräte der AR-Technologie (nach Alt 2003)

Anzeigegeräte der AR-Technologie							
Look-Around Displays				Look-Through Displays			
Optical See-Through		Video See-Through		Optical See-Through		Video See-Through	
mono-kular	bi(n)o-kular	mono-kular	bi(n)o-kular	mono-kular	bi(n)o-kular	mono-kular	bi(n)o-kular
	stereo-skopisch	mono-skopisch		stereo-skopisch	mono-skopisch	stereo-skopisch	mono-skopisch

Die Entwicklung dieser neuen Informationstechnologie zur Unterstützung von Arbeitstätigkeiten erfolgt rasant. Im Rahmen einer Technologiefolgenabschätzung müssen mögliche Auswirkungen der Datenbrille als neues Arbeitsassistenzsystem auf das Wohlbefinden, die Gesundheit und die Leistungsfähigkeit der Mitarbeiter und die Produktivität entsprechender Arbeitssysteme abgeschätzt werden. Denn obwohl Studien (z. B. Alt 2002) von hohen potentiellen Zeitersparnissen ausgehen, wird



auch immer wieder von Akzeptanzproblemen bei der Einführung der Technologie (Fritzsche & Brau 2007), Gestaltungsmängeln (Schmidt et al. 2002) und von verschiedensten Belastungsfaktoren (z.B. Pfendler et al. 2005) berichtet. Solche Studien mit unterschiedlichen Zielen, Untersuchungsdesigns usw. wurden innerhalb eines Reviews genauer betrachtet.

## 2. Aktueller Stand der Forschung

Insgesamt wurden ca. 60 Studien bearbeitet. Anhand hier beispielhaft ausgewählter Literaturquellen (vgl. Tabelle 2) ist bereits erkennbar, dass die Forschung sowohl im Labor als auch im Feld durchgeführt wurde - Studien an verschiedenen realen Arbeitsplätzen nehmen dabei zu. Allerdings sind Untersuchungen, in denen Personen untersucht wurden, die in ihren Eigenschaften mit einer möglichen Zielpopulation übereinstimmen, noch selten (z.B. Park et al. 2007) - genauso wie eine gründliche vorherige Untersuchung der Merkmale der Zielpopulation. Circa 75% aller betrachteten Studien untersuchten zudem weniger als 20 Personen.

Die in den Arbeiten berücksichtigten unabhängigen Variablen lassen sich in zwei Gruppen unterteilen: Variation des Assistenzsystems (Vergleich verschiedener HMDs, Vergleich zwischen HMD und anderer Ausführung) und Variation innerhalb und zwischen den durchzuführenden Aufgaben. Dabei kann es sich um eine Variation der Aufgabeninstruktion, der Aufgabendarstellung und der Aufgabenumgebung handeln. Verwendete Aufgaben und Settings reichen von dem Gebrauch allgemein psychologischer Laborparadigmen zur Untersuchung der Wahrnehmung (Huckauf et al. 2008) bis hin zu Aufgaben in künstlich hergestellten oder realen Arbeitsumgebungen (Nakanishi et al. 2008; Reif & Günthner 2009). Bei den auszuführenden Aufgaben selbst ist dann folglich der Stellenwert der Informationen, die über kopfbasierte Displays eingeblendet werden, sehr unterschiedlich. Je nachdem, ob Hinweise, Handlungsanweisungen oder unabhängige Aufgaben eingeblendet und welche Assistenzsysteme (z. B. weitere Displays, Maus-, Tastatur-, oder Spracheingaben) parallel zum kopfbasierten Display zur Aufgabenbewältigung verwendet werden, ergeben sich verschiedene Koordinations- und Integrationsanforderungen.

Als Konsequenz der Heterogenität der verfügbaren HMDs (siehe Tabelle 1) werden vermeintlich „ganzheitliche“ Betrachtungen von bestimmten Prototypen angestellt. Studien, die bestimmte Aspekte des Aufbaus (Laramée & Ware 2007) oder der Anpassung (Oehme et al. 2002) von kopfbasierten Displays als unabhängige Variablen gezielt manipulieren, sind daher selten. Dagegen befassen sich Studien immer öfter mit der Informationsdarstellung auf dem HMD, d.h. mit der Größe und Farbe der eingeblendeten Informationen (Oehme 2004; Tümler 2008).

In bisherigen Untersuchungen wurden vor allem Leistungsparameter sowie unterschiedliche Belastungen und Beschwerden als abhängige Variablen (siehe Tabelle 2) erfasst. Die untersuchten Variablen und verwendeten Messmethoden sind im Grad ihres Auflösungs- und Analyseniveaus sehr unterschiedlich und die meisten Studien konzentrieren sich auf Effekte, die kurz nach der Benutzung einer Datenbrille auftraten. Studien zur Gewöhnungszeit, Lernkurven und zu lang anhaltenden Effekten sind selten, genauso wie Studien über die Konsequenzen einer Langzeitbenutzung. Nur Brau (2005) berichtet über eine mehrwöchige unternehmensinterne Pilotstudie, die auf Befindlichkeitsstörungen ungeklärter Ursache und auf Optimierungsbedarf bei den Geräten hinwies.

**Tabelle 2:** Übersicht über ausgewählte Studien

<b>Autoren</b>	<b>Unabhängige Variablen</b>	<b>Abhängige Variablen</b>	<b>Setting</b>
Brau, H. et al. (2005)		Akzeptanz, ophthalmologische Kennwerte	Kommissionierung, Umstudie
Fritzsche, L. et al. (2007)	Variation des Assistenzsystems (Papierliste / HMD / ausgeschaltetes HMD)	ophthalmologische Kennwerte, körperliche Beschwerden, Ergonomische Einschätzung, subjektive Beanspruchung, Herzaktivität, Konzentration, Arbeitsqualität und-quantität	Kommissionierung, Bestückung, Vormontage
Huckauf, A. et al. (2008)	Variation des Assistenzsystems (Monitor / HMD / Monitor + HMD)	Reaktionszeiten, Fehleranzahl	Visuelle Suche (nur HMD)
Knight, J.F. et al. (2007)	Variation des Assistenzsystems (mit / ohne HMD) und der Aufgabe (zwei Szenarien)	Haltungsanalyse	Versorgung durch Rettungspersonal
Laramée, R.S. et al. (2002)	Variation der HMD-Eigenschaften und der Dynamik des Hintergrundes	Bearbeitungszeit	Visueller Abgleich von Informationen
Nakanishi, M. et al. (2008)	Variation des HMD, der Helligkeit und der Aufgabenkomplexität	Reaktionszeit, Herzfrequenz, subjektive Arbeitsbelastung, Aufmerksamkeit	HMD Manual
Nilsson, M. et al. (2005)	Art der Ankündigung einer Zweitaufgabe am HMD	Leistung in den Aufgaben, Stressempfinden	Dual Task
Oehme, O. et al. (2002)	Variation des HMD	Herzratenvariabilität	Visueller Abgleich von Informationen
Oehme, O. et al. (2003)	Variation des HMD, der Position des Zielreizes, Augendominanz	Bearbeitungszeit, Fehleranteile	Visueller Abgleich von Informationen
Oehme, O. (2004)	Variation des HMD, der Informationsart und der Darstellungsgröße	Bearbeitungszeit, Bearbeitungsgenauigkeit, visuelle Beschwerden, allgemeine Ermüdung, Herzfrequenzarrhythmie, 0,6Hz Komponente der Herzfrequenzarrhythmie	Visueller Abgleich von Informationen
Park, M. et al. (2007)	Variation des Assistenzsystems (mit / ohne Helm), der Bildwiederholfrequenz, der Berufsgruppe	Hand-Augen-Koordination, subjektive Einschätzung u. a. der Sehschärfe & Arbeitsqualität	Schweißarbeit
Pfendler, C. et al. (2005)	Variation des Assistenzsystems (Hand Held / Head Mounted) und der Art des Zielobjektes	Leistung, Beanspruchung, Simulator-Krankheit	Visuelle Suche innerhalb eines Verkehrsszenariums
Reif, R. et al. (2009)	Variation des Assistenzsystems (Papierliste / HMD)	Leistung, kognitive Beanspruchung, Motivation, empfundene Usability	Kommissionierung
Schmidt, L. et al. (2005)		Einschätzungen zur Aufgabenangemessenheit, Akzeptanz, Usability-problemen	Montagearbeitsplatz, Umstudie
Thompson, M.B. et al. (2008)	Eigenbewegung, Art der Geräuschübertragung, Anzahl von zu zählenden Mismatches	Leistung, Arbeitsbelastung	Multisensorische Integrationsaufgabe
Tümmler, J. et al. (2008)	Art des Assistenzsystems (Papierliste / HMD)	Herzratenvariabilität, subjektive Belastung und Beschwerden	Kommissionierung
Tümmler, J. et al. (2008)	Variation der HMD-Eigenschaften (OST / VST)	Größen- und Farbwahl	HMD Manual
Zieffle, M. et al. (2005)	Variation des Assistenzsystems (LCD / HMD), der Displaygröße und der Zielgröße	Bearbeitungszeit, Bearbeitungsgenauigkeit, visuelle Ermüdung	Visuelle Suche (nur HMD)

### 3. Ausblick

Für die BAuA gehören die HMDs im Forschungsschwerpunkt Aml „Ambient Intelligence - Neue Informations- und Kommunikationstechnologien in der Arbeitsumgebung“ zu einer wichtigen zukunftsweisenden Technologie. Auch wenn sich der zukünftige Verbreitungsgrad der Systeme nur sehr schwer abschätzen lässt, so vereinen sie Schlüsselmerkmale neuer Technologien: Es entsteht hier eine neue Mensch-Computer-Schnittstelle mit vielfältigen Möglichkeiten („hands free“), immer mehr Informationen werden einfach verfügbar, quasi omnipräsent. Ideen der Unterstützung

von Arbeitsprozessen liegen nahe, Effekte physischer und kognitiver Belastung und Beanspruchung der Nutzer sind jedoch nicht einfach erfassbar und beurteilbar. So ist die Bilanzierung der Chancen und Risiken der Technologie nicht einfach und längst nicht abgeschlossen. Einen wichtigen Beitrag zum Erkenntnisgewinn kann hier eine ausgereifere Forschungsmethodik leisten, wobei sich an dieser Stelle nur zentrale Empfehlungen kurz darstellen lassen: größere Stichproben, sinnvolle Beschreibung und Variation der unabhängigen und abhängigen Variablen, mehr Feldstudien mit der Zielpopulation, mehr Langzeitstudien. Die BAuA wird die Technologieentwicklung und Forschung in diesem Bereich mit dem Ziel begleiten, sichere, gesunde und hoch produktive Arbeitssysteme zu fördern.

#### 4. Literatur

1. Alt, T. 2002, Augmented Reality in der Produktion. München: Herbert Utz Verlag.
2. Brau, H., Ullmann, C., Duthweier, M. & Schulze, H. 2005, Gestaltung von Augmented Reality Applikationen bei Kommissionieraufgaben. In: L. Urbans & C. Steffens (Ed.), Zustandserkennung und Systemgestaltung. Düsseldorf: VDI, S. 83-86.
3. Knight, J.F. & Baber, C. 2007, Effect of head mounted displays on posture, Human Factors, 49, 797-807.
4. Laramée, R. S. & Ware, C. 2002, Rivalry and interference with a head-mounted display, ACM Transactions on Computer-Human Interaction, 9, 238-251.
5. Nakanishi, M., Ozeki, M., Akasaka, T. & Okada, Y. 2008, What conditions are required to effectively use augmented reality for manuals in actual work, Journal of Multimedia, 3, 34-43.
6. Nilsson, M., Drugge, M., Liljedahl, U., Synnes, K. & Parnes, P. 2005, A Study on Users' Preference on Interruption When Using Wearable Computers and Head Mounted Displays. In: Proceedings of the 3rd IEEE Int'l Conference on Pervasive Computing and Communications, S. 149-158.
7. Oehme, O., Wiedenmaier, S., Schmidt, L. & Luczak, H. 2002, Untersuchung des Einflusses der Augendominanz auf die Informationsentnahme mit einem Head-Mounted Display in einer Augmented Realitys-Umgebung. In: H. Strasser, K. Kluth, H. Rausch & H. Bubb (Ed.), Qualität von Arbeit und Produkt in Unternehmen der Zukunft. Stuttgart: Ergonomia-Verlag, S. 311-314.
8. Oehme, O., Schmidt, L. & Luczak, H. 2002, Comparison between the strain indicator HRV of a head based virtual retinal display and LC-mounted displays for augmented reality. In: Proceedings of the Conference WWDU 2002 World Wide Work - 2002, Berchtesgaden, S. 387-389.
9. Oehme, O. 2004, Ergonomische Untersuchung von kopfbasierten Displays für Anwendungen der erweiterten Realität in Produktion und Service. Aachen: Shaker Verlag.
10. Park, M., Schmidt, L., Schlick, C. & H. Luczak 2007, Design and evaluation of an augmented reality welding helmet, Human Factors and Ergonomics in Manufacturing, 17, 317-330.
11. Pfendler, C., Widdel, H. & Schlick, C. 2005, Bewertung eines Head-Mounted und eines Hand-Held Displays bei einer Zielerkennungsaufgabe, Zeitschrift für Arbeitswissenschaft, 59, 13-21.
12. Reif, R. & Günthner, W.A. 2009, Pick-by-vision: augmented reality supported order picking, The Visual Computer, 25, 461-467.
13. Schmidt, L., Wiedenmaier, S., Oehme, O. & Luczak, H. 2005, Benutzerzentrierte Gestaltung von Augmented Reality in der Produktion. In: C. Stary (Ed.), Mensch und Computer 2005: Kunst und Wissenschaft - Grenzüberschreitungen der interaktiven ART. München: Oldenbourg Verlag, S. 51-60.
14. Thompson, M.B. & Sanderson, M.P. 2008, Multisensory integration with a head-mounted display: Sound delivery and self motion, Human Factors, 50, 789-800.
15. Tümler, J., Mecke, R., Schenk, M., Huckauf, A., Doil, F., Paul, G., Roggentin, A., Pfister, E.A. & Böckelmann, I. 2008, Mobile augmented reality in industrial applications: approaches for solution of user-related issues. In: Proceedings of the Seventh IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality 2008, S. 87-90.
16. Tümler, J., Scharf, C., Mecke, R. & Paul, G. 2008, Berücksichtigung der Nutzerpräferenz zur Informationsdarstellung bei Augmented Reality gestützten Tätigkeiten, In: H. Hauser, S. Strassburger & H. Theisel (Eds.), Simulation und Visualisierung 2008, 28. - 29. Februar. Bonn: SCS European Publishing House.

17. Fritzsche, L. & Brau, H. 2007, Mobile Augmented Vision in der Automobilproduktion: Laboruntersuchung zur Beanspruchung bei der ganztägigen Arbeit mit einem monokularen HMD, In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg.), Kompetenzentwicklung in realen und virtuellen Arbeitssystemen. Dortmund: GfA Press, S. 311-314.
18. Ziefle, M., Oehme, O. & Luczak, H. 2005, Visuelle Information und Leistung bei Head-Mounted Displays mit erweiterter Realität, Zeitschrift für Arbeitswissenschaft, 59, 331-344.



## **Ambient Intelligence (Aml) – Neue Technologien und Dienstleistungen als Treiber innovativer Produkte und Arbeitssysteme**

Ranjana SARKAR<sup>1</sup> und Armin WINDEL<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Projektträger „Arbeitsgestaltung und Dienstleistungen“ im DLR,  
Heinrich-Konen-Str. 1, D-53227 Bonn

<sup>2</sup> Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin,  
Friedrich-Henkel-Weg 1-25, D-44149 Dortmund

**Kurzfassung:** Der Beitrag verdeutlicht aus der Sicht der PT-DLR und der BAuA, welche Entwicklung das Forschungsfeld „Ambient Intelligence“ (Aml) in den letzten Jahren vollzogen hat. Begründet durch die Fortschritte in den technologischen Grundlagen ist der Einsatz miteinander vernetzter Sensoren, Funkmodulen und Computerprozessoren in der betrieblichen Praxis deutlich realistischer als noch vor wenigen Jahren. Entsprechend sind die gesellschaftliche und wirtschaftliche Bedeutung von Aml-basierten Technologien und die Aufmerksamkeit der Politik diesem Thema gegenüber stark gestiegen. Im Beitrag wird auch aufgezeigt, welche gemeinsamen Zielsetzungen beide Häuser verfolgen und worin thematische und methodische Unterschiede in den Herangehensweisen bestehen.

**Schlüsselwörter:** Ambient Intelligence (Aml), Ambient Assisted Living (AAL), Arbeitsassistentensysteme (AAS), Neue Technologien, wearable IT.

### **1. Definitionen: Von AAL zu „Ambient Intelligence“**

#### *1.1. Was ist „Ambient Assistent Living“ (AAL)*

Unter dem Stichwort Ambient Assisted Living (kurz AAL) sind Methoden, Konzepte, (elektronische) Systeme, Produkte sowie Dienstleistungen zusammengefasst, welche das alltägliche Leben älterer Menschen situationsabhängig und unaufdringlich unterstützen. Die verwendeten Techniken und Technologien sollen nutzerzentriert sein, also auf den Menschen ausgerichtet und integrieren sich in dessen direktes Lebensumfeld. Die Technik soll sich folgerichtig an die Bedürfnisse des Nutzers anpassen und nicht umgekehrt. Um Kontextinformationen zu teilen, können Technologien im AAL-Umfeld sinnvollerweise modular und vernetzbar aufgebaut sein, um ein pseudointelligentes Verhalten aufzuweisen. Die Gruppe der Anwender solcher Technik ist sehr heterogen. Sie umfasst sowohl gesunde und aktive Ältere, die hauptsächlich Lifestyle Funktionen zur Steigerung der Lebensqualität verwenden, bis hin zu multimorbiden Menschen, denen ein längeres selbstständiges Leben im häuslichen Umfeld ermöglicht werden soll. Hierbei beschränkt sich die Unterstützung nicht nur auf die direkt Betroffenen sondern bezieht explizit Pflegepersonal, Ärzte und Familienmitglieder beispielsweise durch erweiterte Kommunikationsmöglichkeiten und erleichterte soziale Interaktion mit ein.



## 1.2. Was ist „Ambient Intelligence“ (Aml)?

Unter dem Begriff „Ambient Intelligence“ (Aml; auch Umgebungsintelligenz) werden Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten summiert, die die Lebens- und Arbeitsumgebung mit sogenannten intelligenten Funktionen erweitern wollen. Ziel ist die Vernetzung von Sensoren, Funkmodulen und Computerprozessoren, so dass Wohlbefinden, Gesundheit und Leistungsfähigkeit im Arbeits- und Privatleben durch die Technologieunterstützung gefördert werden. Die Herstellung insbesondere von Hardware-Architektur, Sensorik und das Software-Engineering, aber auch die Gestaltung und Untersuchung der neuen Mensch-Rechner-Schnittstellen stehen im Mittelpunkt der Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten.

## 2. AAL im Kontext der Forschungsförderung durch den PT-DLR

Mit der am 20. Juni 2007 publizierten Bekanntmachung „Technologie und Dienstleistungen im demografischen Wandel“ wurde unter dem Projekträger der DLR ein neuer BMBF-Förderschwerpunkt im Rahmen des Förderprogramms „Innovationen mit Dienstleistungen“ begründet. Das Besondere dieser Bekanntmachung war die Koppelung von Dienstleistungen mit Technologie (hier insbesondere Mikrosystemtechnik). Dieser Schwerpunkt steht damit auch im Kontext der EU-Aktivitäten zum „Ambient Assisted Living“, dem eine hohe politische wie gesellschaftliche Bedeutung beigemessen wird.

Leitbild des Förderprogramms ist: „Gemeinsam Zusammenleben und das Leben selbstständig gestalten“. Grundgedanke dieses Leitbildes ist das gemeinsame Leben von Jüngeren und Älteren, Familien und Singles bei individueller Gestaltungsfreiheit auf der Basis persönlicher Fähigkeiten und Bedürfnisse.

Das Förderprogramm „Innovationen mit Dienstleistungen“ und das Rahmenprogramm „Mikrosysteme“ unterstützen gemeinsam Dienstleistungen und Mikrosystemtechnikproduktion und ihre Anwendung in Deutschland. Gerade die Mikrosystemtechnik als eine der technologischen Grundlagen von „Ambient Assistent Living“ und „Ambient Intelligence“ bietet insbesondere im Zusammenhang mit entsprechenden Dienstleistungsangeboten vielfältige Anwendungsmöglichkeiten, um die demografischen Herausforderungen der nächsten Jahrzehnte meistern zu können. Ziel des PT-DLR ist es, mittels der Kombination von Technologie und Dienstleistungen möglichst lange eine selbstständige Lebensweise zu ermöglichen. Dieser Forschungsschwerpunkt ist damit ein Beitrag zum Innovationsfeld „Dienstleistungen“ im Rahmen der Hightech-Strategie der Bundesregierung.

Eine herausragende Rolle in den Förderprojekten des PT-DLR spielt die Integration der Kundenanforderungen, die als Treiber von Technologie und Dienstleistungen verstanden werden. Während die Forderung, Technologie gebrauchstauglich zu gestalten, mittlerweile als etabliert – wenn auch nicht akzeptiert oder gar umgesetzt – bezeichnet werden darf, ist der Begriff der „Usability“ als Ausdruck der Nachfrageorientierung für die Dienstleistungsforschung noch weitgehend unentdeckt.

## 3. Aml als Forschungsschwerpunkt der BAuA

Ebenfalls an der Hightech-Strategie für Deutschland, die die Chancen neuer Technologien für das 21. Jahrhundert skizziert und Aktionsfelder einer gezielten In-



novationspolitik der Bundesregierung beschreibt, orientiert sich der Forschungsschwerpunkt „Ambient Intelligence“ der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin. Hieran anknüpfend beschreibt der Zukunftsreport "Arbeiten in der Zukunft – Strukturen und Trends der Industriearbeit" des Büros für Technikfolgenabschätzung im Deutschen Bundestag (TAB) Ambient Intelligence als Schlüsseltechnologien des 21. Jahrhunderts. Er skizziert auch Forschungsbedarf, der sich aufgrund geänderter Marktanforderungen und Organisationsformen ergibt.

Für die BAuA stehen Anwendungsszenarien von Aml in der Arbeitswelt im Vordergrund. Der spezifische Forschungsbedarf aus der Sicht des Arbeitsschutzes und der Arbeitsmedizin ergibt sich aus - seit der Initiierung des Forschungsgebietes im 6. Rahmenprogramm der EU - ungeklärten Fragen zur Sicherheit des Menschen im Arbeitssystem sowie den gesundheitlichen Folgen des Technologieeinsatzes.

Für den Arbeitsschutz relevante, praxisnahe Themen und Szenarien sind z.B. die „intelligente Fabrik“ (sog. smart factory), in der der Mensch mittels Kleinstcomputern und Telematik in die Prozesssteuerung und -abläufe eingebunden wird. Fragen der Zuverlässigkeit der übermittelten Daten sowie der Störsicherheit von Funkmodulen und der erforderlichen Redundanz der übermittelten Informationen zur Sicherung der notwendigen Informationen und der Zuverlässigkeit des Gesamtsystems sind wissenschaftlich nicht beantwortet.

Ein weiteres Anwendungsfeld betrifft das „intelligente Büro“ (smart-office), in denen die Steuerungen der Facility-Techniken (z.B. zu Beleuchtung, Klima) an Sollwerten erfolgt, die an die circadiane Rhythmik oder physiologische Optimalparameter des Menschen angepasst sind. Hier werden z.B. die Folgewirkungen der Erhöhung des Blaulichtanteils in künstlichem Licht und die damit verbundene Aufmerksamkeitssteigerung durch Melatoninsuppression arbeitswissenschaftlich diskutiert.

Ein dritter großer Bereich der Anwendungen von Aml sind ist die sogenannte Wearable IT, d.h. mit Sensorik ausgestattete Arbeitskleidung, die mögliche Gefahren signalisieren, physiologische Parameter an den Nutzer zurückmelden oder die Kommunikation erleichtern sollen. Zu klären ist hierbei etwa, ob die Ausstattung von Arbeitskleidung mit intelligenter Sensorik nicht zu einer aus dem Straßenverkehr bekannten Risikokompensation seitens des Nutzers beiträgt. Bedeutsam ist hier auch die Gebrauchstauglichkeitsprüfung von Kleidung und Arbeitsmitteln mit intelligenter Sensorik, da diese über neue und damit selten den mentalen Modellen der Nutzer entsprechende Schnittstellen verfügen.

Diesen Szenarien zur Anwendung der Grundlagentechnologien stehen zurzeit erhebliche Wissensdefizite zu den Auswirkungen auf den Menschen und auf die Gestaltung der neuen Arbeitssysteme gegenüber. Der Forschungsbedarf ergibt sich aus ungeklärten Fragen zur Sicherheit und Gesundheit des Menschen im Arbeitssystem sowie den Chancen und Risiken des Technologieeinsatzes. Daher müssen die Potenziale, die das Technologiethema „Ambient Intelligence“ für die Arbeitswissenschaft und den Arbeitsschutz bietet, systematisch erschlossen werden. Für die BAuA besteht das Ziel darin, die für den Arbeitsschutz relevanten Forschungsfragen durch eine strategische Bearbeitung des Themenfelds programmatisch aufzubereiten. Dies erfolgt durch die Entwicklung einer Forschungsstrategie zum Thema „Aml und Arbeitswissenschaft“ mit Schwerpunktsetzung auf „Neue I&K-Technologien in der Arbeitsumgebung“ sowie die anschließende Initiierung von Forschungsprojekten ab 2010.

#### 4. Synergien durch Kooperation von PT-DLR und BAuA

Während sich der Forschungsschwerpunkt des PT-DLR mit dem Stichwort „Ambient Assisted Living“ (AAL) auf den Bereich der älteren Menschen konzentriert und ausdrücklich auch den Consumer-Bereich einschließt, versteht die BAuA „Arbeitsassistentensysteme“ (AAS) als Unterstützung für alle arbeitenden Menschen, womit der Verbraucherbereich weitgehend ausgeklammert wird. Trotz dieser im Detail unterschiedlichen thematischen und zielgruppenspezifischen Schwerpunktsetzungen zeigt der Vergleich von Zielsetzungen und ersten Erfahrungen, dass die unter der Perspektive von AAL oder AAS gesammelten Erfahrungen nutzbringend auch für den jeweils anderen Bereich verwertet werden können. Insbesondere aus der Perspektive der Nutzerfreundlichkeit (AAL) bzw. Gebrauchstauglichkeit (AAS) innovativer Produkte und Dienstleistungen wird eine gemeinsame Klammer für beide Themenbereiche gesehen. Dies betrifft auch die Akzeptanzforschung neuer Technologien, die für beide Themengebiete (AAL und AAS) kritischer Erfolgsfaktor sein wird: Im Rahmen des Förderschwerpunkts des PT-DLR befassen sich die dortigen Fokusgruppen u.a. mit der Frage, wie der Stand der Akzeptanz von neuen Technologien, insbesondere vor dem Hintergrund der Kenntnis einer unterschiedlichen geschlechtsspezifischen Herangehensweise von älteren Menschen an neue I&K-Technologien aussieht und welche Rahmenbedingungen gewährleistet sein müssen, um die Einführung neuer Technologie-Dienstleistungs-Kombination für die intendierten Kunden als attraktiv erscheinen zu lassen. Ersetzt man bei diesen Fragen die Zielgruppe der älteren Menschen durch die Nutzergruppe der Unternehmen wird deutlich, dass auch für den aufzubauenden Forschungsschwerpunkt der BAuA Akzeptanzfragen neuer I&K-Technologien von besonderer Bedeutung sein werden.

#### 5. Literatur

1. Baehren T. 2008, Tagungsband zum 1. AAL-Kongress. Berlin: VDE-Verlag.
2. Mukasa, K.S., Holzinger, A. & Karshmer A. (Eds.) 2008, Proceedings International Workshop on Intelligent User Interfaces for Ambient Assisted Living (IUI4AAL 2008). Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag.
3. Nakashima, H., Aghaja H. & Augusto J.C. (Eds.) 2009, Handbook of ambient intelligence and smart environments. New York: Springer.

# Lichtdynamik am Wissensarbeitsplatz der Zukunft

Oliver STEFANI, Matthias BUES, Achim PROSS, Katrin HILLE und Dieter SPATH

*Fraunhofer IAO, Nobelstrasse 12, D-70569 Stuttgart*

**Kurzfassung:** Die am Fraunhofer IAO entwickelte Heliosity-Leuchte ist eine LED-basierte Arbeitsplatzleuchte, deren emittiertes Lichtspektrum in weiten Grenzen variiert werden kann. Unsere Benutzerstudie in Zusammenarbeit mit dem Transferzentrum für Neurowissenschaften und Lernen der Universität Ulm bestätigt die positiven Wirkungen dieser hochdynamischen Arbeitsplatzbeleuchtung und zeigt eine hohe Benutzerakzeptanz. In diesem Artikel wird das Konzept der Heliosity-Leuchte dargelegt sowie die Evaluation in der Benutzerstudie diskutiert.

**Schlüsselwörter:** Heliosity-Leuchte, Benutzerstudie, Benutzerakzeptanz.

## 1. Einleitung

LED und OLED werden sowohl die allgemeine Beleuchtung als auch die Display-Umgebungen am Arbeitsplatz revolutionieren. Es werden Arbeitsumgebungen möglich, die den heutigen, bildschirmzentrierten Wissensarbeitsplatz völlig neu definieren. Die LED-Technologie ermöglicht es erstmals, viele Beschränkungen der klassischen Leuchtmittel im Hinblick auf Lichtdynamik zu überwinden. Mit unserer LED-basierten Arbeitsplatzleuchte Heliosity (vgl. Abbildung 1) kann beispielsweise die dynamische Lichtsituation eines bewölkten Himmels nachgebildet werden. Darüber hinaus kommt auch der Energieeffizienz gerade im Kontext der Arbeitsplatzbeleuchtung eine entscheidende Rolle zu.

## 2. Eigenschaften der Heliosity

Die Helligkeit der Heliosity variiert im Dynamik-Modus zwischen 200 (nur kurzzeitig) und 500 Lux. Es werden sechs farblich unterschiedliche LEDs eingesetzt, deren addierte Spektren dem Tageslichtspektrum nahekommen. Heliosity ist zurzeit die einzige „Vollspektrumlampe“ auf LED-Basis. Bei insgesamt 40 LEDs besitzt Heliosity 16 LEDs, die circadian wirksames blaues Licht mit einem Emissionsmaximum bei 460 nm Wellenlänge emittieren. Diese ist auch das Empfindlichkeitsmaximum der retinalen Ganglienzellen in der Netzhaut des Auges, die nicht zur visuellen Wahrnehmung beitragen, sondern die Produktion des die Müdigkeit fördernden Melatonins steuern (Thapan 2001; Baumeier 2000). Brainard et al. (2001) schlagen daher für Arbeitsplätze neue Herangehensweisen bei der Planung von Beleuchtungssystemen vor, welche sowohl das visuelle als auch das circadiane System berücksichtigen.

LEDs haben die Eigenschaft, aufgrund ihrer hohen Leuchtdichte stark zu blenden. Daher wurde beim Design von Heliosity auf ein Lichtleiterprinzip mit seitlicher Einkopplung und Auskopplung über die Oberfläche gesetzt. So können zum einen die sechs Farben homogen gemischt und zum anderen die LEDs entblendet werden.



**Abbildung 1:** *Heliosity im Einsatz*

### 3. Methode

In Zusammenarbeit mit dem Zentrum für Neurowissenschaften und Lernen Ulm (ZNL) wurden praktische Voruntersuchungen durchgeführt, um Aufschluss darüber zu erhalten, ob eine dynamische Beleuchtung befindlichkeits- und leistungsförderlich ist. Hierzu wurden als beleuchtungstechnische Maßnahmen die Farbvariation im Tagesverlauf sowie die Nachbildung des rhythmischen Wolkenspiels in ihren Wirkungen genauer untersucht.

#### 3.1 Farbvariation im Tagesverlauf

Unter natürlichen Bedingungen ändert sich die Lichtfarbe im Laufe eines Tages von einem morgendlichen, rötlichen Warmweiß über kalte, bläuliche Töne am Mittag bis hin zum Abendrot, einem warmen Weißton. Geht man von der evolutionären Anpassung des Menschen an dieses Farbenspiel aus, so ist zu erwarten, dass eine Nachbildung dieser Abfolge in der künstlichen Raumbeleuchtung auf Befinden und Leistung positive Effekte hat.

#### 3.2 Nachbildung des rhythmischen Wolkenspiels

Diverse psychisch-kognitive Funktionen des Menschen (z. B. Sprache, abstraktes Denkvermögen, Handlungsplanung, Aufmerksamkeit, Gedächtnis, Wahrnehmungsfähigkeit) unterliegen den BRACs (Basic Rest Activity Cycles). In zeitlich ähnlichem Bereich ist der Wechsel zwischen Licht und Schatten durch das natürliche Wolkenspiel angesiedelt. Wir untersuchen, ob die Nachbildung des Wolkenspiels in der künstlichen Beleuchtung die BRACs kognitiver Funktionen stimulieren und möglicherweise die Gesamtleistung erhöhen können.

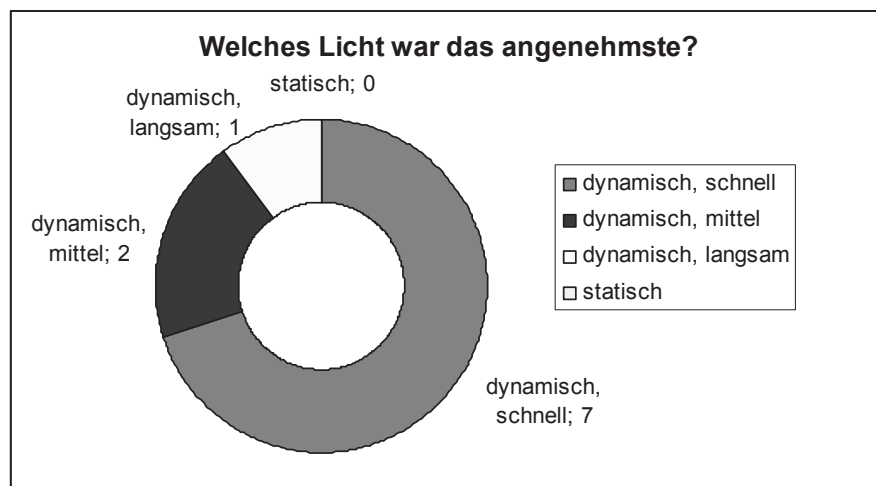
## 4. Experiment

10 Versuchspersonen haben innerhalb von 5 Wochen jeweils einen halben Arbeitstag in einem Einzelbüro mit einer Heliosity-Leuchte als Schreibtischbeleuchtung verbracht. Zum Einsatz kamen vier vordefinierte, dynamische Beleuchtungsszenarien:

- Licht mit statischem Vollspektrum: ähnlich der traditionellen künstlichen Raumbeleuchtung
- Licht mit langsamer Dynamik: kohärent zur farblichen Änderung des natürlichen Tageslichts
- Licht mit mittlerer Dynamik: Farbtemperatur- und Intensitätswechsel vorbeiziehender Wolken an einem sonnigen Tag nachgeahmt
- Licht mit schneller Dynamik: starke Farbtemperatur- und Intensitätswechsel alle 2 bis 4 Minuten.

### 4.1 Ergebnisse

Die Ergebnisse der Vorstudie zeigen, dass das dynamische Licht beliebter als das statische Licht ist. Befragt nach dem angenehmsten Licht nannte keiner der Teilnehmer das statische Licht. Sieben Teilnehmer bevorzugten die schnelle Dynamik, zwei die mittlere und einer die sehr langsame Dynamik (vgl. Abbildung 2).



**Abbildung 2:** Bewertung der Beleuchtungsszenarien nach dem Kriterium „Angenehm“

Die Versuchspersonen wurden gebeten, die Wahl des angenehmsten Lichts zu begründen. Dabei zeigte sich, dass das Licht mit der schnellen Dynamik belebend und anregend wirkte und die Versuchspersonen sich wacher gefühlt haben:

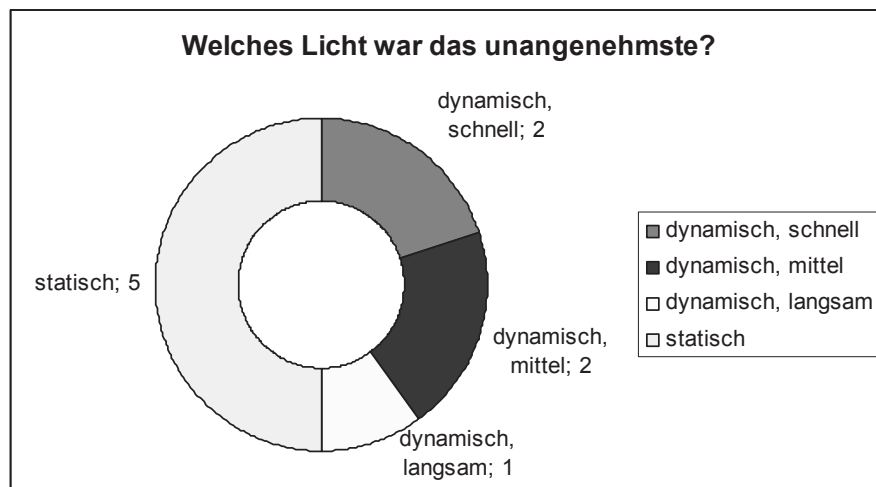
- „Die Dynamik ist belebend und nicht so monoton wie normalerweise am Büroarbeitsplatz.“

- „Das Licht hat mich wach gehalten.“
  - „Bei konzentrierter Arbeit ist die dynamische Lichtsituation anregend.“
- Auch bei der mittleren Dynamik wurden diese Faktoren genannt:

- „Man wacht auf.“
- „Es gab eine Abwechslung, aber keine Ablenkung.“

Auf die Frage nach dem unangenehmsten Licht nannte die Hälfte der Versuchspersonen das statische Licht, wobei keiner der Versuchsteilnehmer es als das ange-

nehmste Licht einschätzte (vgl. Abbildung 3). Möglicherweise war das Lichtspektrum des statischen Lichts den Versuchspersonen unangenehm und nicht so sehr die Statik des Lichts selbst. Im fünften Untersuchungsdurchgang konnten jedoch alle Versuchspersonen ihr eigenes Licht wählen, in dem sie eines der vier vordefinierten Szenarien noch einmal nutzten oder aber ihr eigenes, dann jedoch statisches, Licht einstellen konnten. Alle Versuchspersonen griffen auf eine der dynamischen Lichteinstellungen zurück. Dabei hätten die Versuchspersonen das Spektrum des statischen Lichts leicht ändern können. Sie konnten ihre Lichtfarbe, d.h. die Farbtemperatur des Spektrums, auf ein bevorzugtes Weiß selbst einstellen. Das wurde jedoch nicht getan. Das spricht dafür, dass das statische Licht nicht wegen seines Spektrums, sondern wegen der fehlenden aktivierenden Dynamiken der anderen Lichteinstellungen abgelehnt wurde.



**Abbildung 3:** Bewertung der Beleuchtungsszenarien nach dem Kriterium „Unangenehm“

Die Vorstudie zeigte interindividuelle Unterschiede hinsichtlich der Präferenz von Licht. Das statische Licht, so wie es als konventionelles Kunstlicht unsere Räume beleuchtet, war jedoch bei allen Versuchspersonen ähnlich unbeliebt. In dieser ersten Studie wurde noch nicht untersucht, inwieweit die subjektiven Einschätzungen der Versuchspersonen sich in ihrem tatsächlichen Wohlbefinden oder sogar messbar in ihrer Aufmerksamkeit und Konzentration widerspiegeln. Diese Fragestellung ist Gegenstand einer zukünftigen Studie. Dennoch unterstützen die hier gewonnenen Ergebnisse bereits die Hypothese, dass durch die evolutionäre Anpassung des Menschen an natürliche Lichtrhythmen auch künstliche Raumbeleuchtung mit dynamischen Veränderungen des Farblichts positive Auswirkungen auf das Befinden und die Leistungen von Menschen haben kann.

## 5. Literatur

1. Baumeier, D. 2000, Der Einfluss von Licht auf die Psyche, Dissertation. Leipzig: Universität Leipzig.
2. Brainard, G., Hanifin, J., Greeson, J., Byrne, B., Glickman, G., Gerner, E. & Rollag, M. 2001, Action Spectrum for Melatonin Regulation in Humans: Evidence for a Novel Circadian Photoreceptor, *Journal of Neuroscience*, 21, 6405-6412.
3. Thapan, K. 2001, An action Spectrum for melatonin suppression: evidence for a novel non-rod, non-cone photoreceptor system in humans, *Journal of Physiology*, 535, 261-267.



# Entwicklung eines heuristischen Modells zur Bestimmung von Strukturtypen globaler und virtueller Kooperationen

Thomas RYSER<sup>1</sup>, Hartmut SCHULZE<sup>1</sup>, Yannick TURKIER<sup>1</sup>, Charles HUBER<sup>2</sup>, Heinz MÜLLER<sup>2</sup>, Christian LEUTHOLD<sup>2</sup>, Albert VOLLMER<sup>3</sup> und Sarah SEYR<sup>3</sup>

<sup>1</sup> *Institut für Kooperationsforschung, Fachhochschule Nordwestschweiz, Riggensbachstrasse 16, CH-4600 Olten*

<sup>2</sup> *Institut für Business Engineering, Fachhochschule Nordwestschweiz, Promenadenstrasse 26, CH-5200 Brugg*

<sup>3</sup> *Forschungsgruppe Psychologie der Arbeit, ETH Zürich, Kreuzplatz 5, CH-8032 Zürich*

**Kurzfassung:** In dem Beitrag wird ein heuristisches Modell zur Bestimmung von Strukturtypen globaler und virtueller Kooperation in seiner konzeptionellen Fassung vorgestellt und Implikationen für die Bestimmung von Ist- und Sollausprägungen der Kooperationstypen und des darauf basierenden Vorgehens diskutiert.

**Schlüsselwörter:** Globale und virtuelle Kooperation, Strukturtypen, kulturelle Diversität, Virtualität.

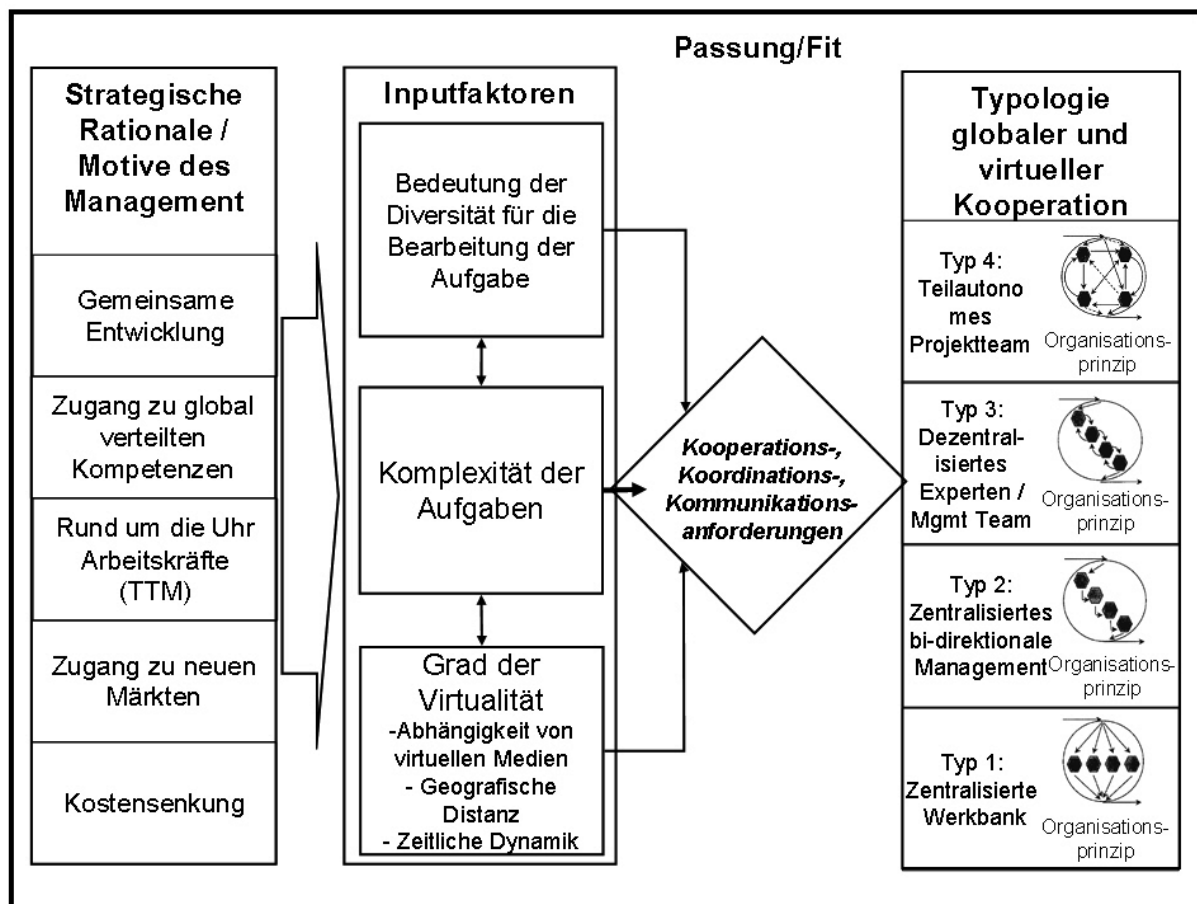
## 1. Einleitung

Vor dem Hintergrund der weltweiten Finanzkrise und damit verbundenen knapper werdenden Ressourcen setzen Unternehmen und Organisationen in zunehmendem Ausmass auf globale und virtuelle Kooperationsformen (siehe z.B. Köppel & Konradt 2008). Zudem führen aber auch gesundheitliche und soziale Belastungen durch häufige Auslandsreisen zur Zunahme virtueller Formen der globalen Kooperation. Zur Klassifikation von globalen und virtuellen Kooperationen wurde ein heuristisches Modell entwickelt, welches eine Bestimmung von Ist- und Soll-Strukturtypen der globalen und virtuellen Kooperation in Management-Workshops erlaubt. Genauer handelt es sich um "Strukturtypen", für welche eine theoretische Kontingenz zu bestimmten Graden der Aufgabenkomplexität und der damit erforderlichen Interdependenzen zwischen global verteilten Partnern angenommen wird. Aufsetzend auf dieser Grundlage werden prototypische Annahmen für die sozio-technische Unterstützung von Typen globaler und virtueller Kooperationen entwickelt.

## 2. Heuristisches Modell zum Zusammenhang von Aufgabenkomplexität, Virtualität und kultureller Diversität zu idealtypischen Strukturen globaler und virtueller Kooperation





In einem angewandten Forschungsprojekt gefördert durch die Schweizer Kommission für Technologie und Innovation zur Zusammenarbeit in globalen und virtuellen Teams, wurde im Rahmen zweier Fallstudien festgestellt, dass die hier vorgefundene Wirklichkeit deutlich über bestehende Typologien virtueller Teams (Bell & Kozlowski 2002) oder globaler und virtueller Teams (Maznevski et al. 2006) hinausgeht. So liess sich nur ein kleiner Teil der vorgefundenen Kooperationsformen als "virtuelle Teams" abbilden. Deshalb wurde in Anlehnung an Literatur aus dem Bereich der

internationalen strategischen Allianzen (Dekker 2004; Gulati & Singh 1998), zu globalen Outsourcing (Salmi 2006), und zur globalen Produktentwicklung (Mendez 2003) versucht, ein heuristisches Modell zur Unterscheidung von Typen der globalen und virtuellen Kooperation zu entwickeln. Im weiteren Verlauf des Artikels werden in Anlehnung an Köppel & Konradt (2008) jene Kooperationen als global und virtuell bezeichnet, in welchen Partner aus mehr als zwei Kontinenten mit Personen mit unterschiedlichen kulturellen Hintergründen überwiegend virtuell zusammenarbeiten und kommunizieren. Der jeweilige Kontext, sowie die Komplexität der Aufgaben, welche in einem globalen und virtuellen Kontext bearbeitet werden, bedingen sich durch die strategischen und normativen Vorgaben des Managements und bestimmen Anforderungen an die Kooperation, Koordination und Kommunikation für die globale und virtuelle Kooperation. Unterschiedliche strategische Rationale und Motive können dazu führen, dass Unternehmen sich global vernetzen (Dekker 2004; Gulati & Singh 1998). Solche vom Management vertretenen Strategien beeinflussen die Verhandlungen in Bezug auf die zu verteilenden Ressourcen, die zu bearbeitenden Aufgaben sowie die Art der global verteilten Arbeitsteilung und bestimmen somit die Kooperationsstrukturen in Form einer initialen Koordiniertheit zwischen den Partnern (Wehner et al. 2000). Im vorgestellten heuristischen Modell werden deshalb strategische Motive als vorstrukturierende Faktoren konzeptionalisiert. Solche Motive lassen sich auf einem Kontinuum abbilden, das von einer einseitigen Marktorientierung bis zur langfristig ausgerichteten Kooperation bei der Entwicklung gemeinsamer Technologien, Konzepten und Produkten reicht (siehe Abbildung 1).



**Abbildung 1:** Heuristisches Modell zur Passung von Strukturtypen zu Inputfaktoren globaler und virtueller Kooperation

In Anlehnung an Erkenntnisse aus der Forschung zu internationalen strategischen Allianzen (Dekker 2004; Gulati & Singh 1998) wird angenommen, dass die strategischen Motive des Managements die Art der Aufgaben und die damit verbundene Aufgabenkomplexität, welche in der Kooperation erledigt werden sollen sowie die Bedeutung der kulturellen Diversität für die Bearbeitung der Aufgaben (van Knippenberg et al. 2007) und den Grad an Virtualität (Chudoba et al. 2005; Gibson & Gibbs 2006) zwischen den Partnern beeinflusst. Die Aufgabenkomplexität wiederum bestimmt die Anforderungen an Koordination, Kooperation und Kommunikation in den genannten globalen und virtuellen Kooperationen, während das jeweilige Setting in Form der globalen Zusammensetzung der Partner und der damit verbundenen kulturellen Diversität und Faktoren der Virtualität diesen Zusammenhang moderieren (siehe Abbildung 1). In einer kontingenztheoretischen Perspektive (Drazin & Van de Ven 1985) wird für bestimmte Anforderungsmuster an Kooperation, Koordination und Kommunikation eine Passung zu bestimmten Organisationsformen angenommen. Für die Typenbildung globaler und virtueller Kooperationen wurde die Aufgabeninterdependenz als grundlegendes Organisationsprinzip von globalen und virtuellen Kooperationen identifiziert. Unterschieden wird hierbei zwischen den bereits von Thompson (1967) beschriebenen Typen der Aufgabeninterdependenz in Organisationen, der additiven, der sequentiellen, der reziproken und der intensiven Interdependenz (siehe Organisationsprinzip Abbildung 1). Spezifische Interdependenzen erfordern nun - so wird theoretisch angenommen - spezifische Anpassungen der Organisations-, Koordinations- und Kooperationsstrukturen, welche es ermöglichen sollen die jeweiligen Aufgaben und die damit verbundenen Interdependenzen in einem globalen und virtuellen Kontext effektiv zu bearbeiten. Aufgrund der vier Typen der Aufgabeninterdependenz werden nun idealtypisch vier Organisationsformen globaler und virtueller Kooperation mit jeweiligen Ausprägungen auf organisations-, koordinations- und kooperationsstrukturellen Merkmalen beschrieben (siehe Abbildung 2).

Dimensionen der Kooperationstypen	Subkategorien	Kooperationstyp 1: Erweiterte Werkbank 	Kooperationstyp 2: Zentralisiertes bi-direktionales Management 	Kooperationstyp 3: Dezentralisiertes / Mngt. Team 	Kooperationstyp 4: Projektteam 
Organisation	Ausmass der Zentralisierung / Hierarchie	Entscheidungsmacht ist zentralisiert an einem Standort	Auftraggeber trägt Verantwortung, Zulieferer werden bei zentralen Entscheidungen involviert	Entscheidungen werden in Absprache mit den Partnern getroffen	Entscheidungen werden partizipativ getroffen
	Autonomie	Unabhängige Organisationen	Unabhängige Partnerorganisationen	Integriertes Team auf Expertenebene	Integriertes Team auf Arbeitsebene
Koordinationsstruktur	Art der Koordination	Vertragliche Koordination basierend auf klaren und geschlossenen Zielen und Prozess Spezifikationen	Vertragliche Koordination basierend auf einer klaren Zielspezifikation mit gewissen Freiheitsgraden bezüglich der Methode (Sub-Koordinationsstruktur)	Integrierte Koordinations- / Projektmanagementsstruktur auf Expertenebene	Integrierte Koordinations- / Projektmanagementsstruktur auf der Arbeitsebene
	Interdependenz zwischen den Partnern	Sequentielle Interdependenz zwischen den Akteuren	Sequentielle Interdependenz zwischen den Akteuren	Reziproke Interdependenz zwischen Experten	Intensive Interdependenz zwischen den Akteuren
Kommunikationsstruktur	Reziprozität der Kommunikation	Hierarchische, einweg Kommunikation	Reziproke Kommunikation zwischen Auftraggeber und dem Management der Partner	Reziproke Kommunikation zwischen den Mitgliedern des Projektmanagementteams	Reziproke Kommunikation auf Arbeitsebene
	Grad der Formalisierung	Stark formalisierte Kommunikation mittels Reviews und Dokumentation	Überwiegend formale Kommunikation strukturiert durch Reviews und Regelmeetings	Hohes Ausmass an informeller Kommunikation zwischen Experten	Hohes Ausmass an informeller Kommunikation auf Arbeitsebene
Struktur der Zusammenarbeit	Ausmass an horizontaler Zusammenarbeit	Keine fachliche Kooperation zwischen den Akteuren	Wenig fachliche Kooperation zwischen den Akteuren	Fachliche Kooperation auf Expertenebene	Fachliche Kooperation auf der Arbeitsebene
	Wissens- und Informationstransfer	Stark eingeschränkter, vertraglich gesicherter Wissenstransfer	Eingeschränkter Wissens- und Informationstransfer / Austausch nur bei Bedarf	Freier Wissens- und Informationsaustausch auf Expertenebene	Freier Wissens- und Informationsaustausch auf Arbeitsebene
Integration	Degree of process integration	Keine Prozessintegration erforderlich	Geringes Ausmass an Prozessintegration erforderlich (Adaptation für zentrale Meilensteine)	Höheres Ausmass an Prozessintegration erforderlich (Meilensteine und Synchronisationspunkte)	Integration der Prozesse erforderlich
	Degree of IT-compatibility	Keine IT-Kompatibilität erforderlich	Kompatibilität zentraler IT-Systeme notwendig	Angepasste IT-Systeme auf Ebene Management zwischen allen Akteuren	Gespiegelte IT-Systeme auf Arbeitsebene bei allen Akteuren
Mindset der Kooperation		Zulieferer- / Service-Mentalität	Kooperatives Mindset auf Managementebene	Globales Mindset (Wertschätzung von Diversität) auf Expertenebene	Globales Mindset (Wertschätzung von Diversität) auf Arbeitsebene

**Abbildung 2: Strukturtypen globaler und virtueller Kooperation**

### 3. Praktische Anwendung des heuristischen Modells und Forschungsausblick

In ersten Managementworkshops konnte dieses Modell zur Passung der Aufgabenkomplexität zu spezifischen Typen der globalen und virtuellen Kooperation einen ersten Test in der Beratungspraxis bestehen. Die Bestimmung von IST- und SOLL-Kooperationstypen unter Berücksichtigung des jeweiligen globalen und virtuellen Kontextes, sowie der Art der Aufgaben erlaubt ein erstes Screening auf Managementebene. Auf dieser Basis können sodann sozio-technische Anforderungen für globale und virtuelle Kooperationen abgeleitet werden. Zusätzlich sieht das Vorgehen vor, mittels Analysen auf der Arbeitsebene die Anforderungen zu vervollständigen. Auf diese Weise wird eine Gap-Analyse von Vorstellungen auf Managementebene mit den tatsächlich erlebten Kooperations-, Koordinations- und Kommunikationsanforderungen auf der Arbeitsebene möglich. Eine solche Prozessanalyse auf Arbeitsebene wurde im oben genannten Forschungsprojekt CrossCult mit Erfolg durchgeführt. In einer geplanten branchenübergreifenden, repräsentativen Befragung sollen nun die Strukturtypen globaler und virtueller Kooperation in Abhängigkeit des globalen und virtuellen Kooperationskontextes und der Komplexität der involvierten Aufgabe und deren Auswirkungen auf den Arbeitsprozess in globalen und virtuellen Kooperationen empirisch bestätigt werden.

### 4. Literatur

1. Bell, B.S. & Kozlowski, S.W.J. 2002, A typology of virtual teams: implications for effective Leadership, *Group & Organization Management*, 27, 14-48.
2. Chudoba, K.M., Wynn, E., Lu, M. & Watson-Manheim, M.B. 2005, How virtual are we? Measuring virtuality and understanding its impact in a global organization, *Information Systems Journal*, 15, 279-306.
3. Dekker, H.C. 2004, Control of inter-organizational relationships: evidence on appropriation concerns and coordination requirements, *Accounting, Organizations and Society*, 29, 27-49.
4. Drazin, R. & Van de Ven, A.H. 1985, Forms of Fit in contingency theory, *Administrative Science Quarterly*, 30, 514-539.
5. Gibson, C.B., & Gibbs, J.L. 2006, Unpacking the concept of virtuality: the effects of geographic dependence, dynamic structure, and national diversity on team innovation, *Administrative Science Quarterly*, 51, 451-495.
6. Gulati, R. & Singh, H. 1998, The architecture of cooperation: managing coordination costs and appropriation concerns in strategic alliances, *Administrative Science Quarterly*, 43, 781- 814.
7. Köppel, P. & Konradt, U. 2008, Erfolgsfaktoren virtueller Kooperation. Im Internet verfügbar unter: [http://www.bertelsmann-stiftung.de/cps/rde/xbcr/SID-6CE582A2-02CA9D00/bst/Erfolgsfaktoren\\_virtueller\\_Kooperation.pdf](http://www.bertelsmann-stiftung.de/cps/rde/xbcr/SID-6CE582A2-02CA9D00/bst/Erfolgsfaktoren_virtueller_Kooperation.pdf) (12.11.2009).
8. Maznevski, M.L., Davison, S.C. & Jonsen, K. 2006, Global and virtual team dynamics and effectiveness. In: G.K. Stahl & I. Björkmann (Eds.), *Handbook of research in international human resource management*. Northampton: Edward Elgar Publishing, Inc.
9. Mendez, A. 2003, The coordination of globalized R&D activities through project teams organization: an exploratory empirical study, *Journal of World Business*, 38, 96-109.
10. Salmi, A. 2006, Organising international supplier relations: an exploratory study of Western purchasing in China, *Journal of Purchasing & Supply Management*, 12, 197-208.
11. Thompson, J.D. 1967, *Organizations in action*. New York: McGraw-Hill.
12. van Knippenberg, D., Haslam, S.A. & Platow, M.J. 2007, Unity through diversity: value-indiversity beliefs, work group diversity, and group identification, *Group Dynamics: Theory, Research, and Practice*, 11, 207-222.
13. Wehner, T., Clases, C. & Bachmann, R. 2000, Co-operation at work: a process-oriented perspective on joint activity in inter-organizational relations, *Ergonomics*, 43, 983-997.

# Arbeitsgestaltung in Netzwerken

Marlene HELFERT, Rolf HELBIG und Ralph BRUDER

*Institut für Arbeitswissenschaft, Technische Universität Darmstadt,  
Petersenstraße 30, D-64287 Darmstadt*

**Kurzfassung:** Mittels qualitativer und quantitativer Methoden wird die Gestaltung der Arbeit in ausgewählten Netzwerken ermittelt und deren Einfluss auf Erfolg, Innovationsfähigkeit und Nachhaltigkeitsleistung der untersuchten Netzwerke dargestellt.

**Schlüsselwörter:** Netzwerke, Arbeitsgestaltung, Innovation.

## 1. Einleitung

Im Rahmen des Projekts Strategische Allianzen für nachhaltige Entwicklung – Innovationen in Unternehmen durch Kooperation mit Non-Profit-Organisationen ([www.strategische-allianzen.net](http://www.strategische-allianzen.net)) wird die Arbeitsgestaltung von Netzwerken ermittelt.

Mittels qualitativer und quantitativer Methoden werden die Analysefelder Arbeitsplatz- und Aufgabengestaltung, Arbeitszufriedenheit und Engagement, Aufwands-/Belohnungsverhältnis, Informations- und Kommunikationsabläufe, sowie Teameffektivität und Innovation untersucht. Die Ergebnisse dieser Analysen werden in späteren Projektphasen in Bezug zu Erfolg, Innovationsfähigkeit und Nachhaltigkeitsleistung der untersuchten Netzwerke gesetzt.

Die betrachteten Netzwerke gliedern sich in Kooperationen in der Wertschöpfungskette, regionale Branchenzusammenschlüsse, strategische intersektorale Stakeholder-Allianzen und Bildungsallianzen. Es werden sowohl Profit- als auch Non-Profit-Organisationen untersucht.

Die Arbeit wird vom Bundesministerium für Bildung und Forschung und dem Europäischen Sozialfonds gefördert.

## 2. Methodik

Da die Arbeit in den untersuchten Netzwerken sowohl von beruflich als auch von ehrenamtlich Tätigen geleistet wird, sind nicht alle Instrumente bei allen Arbeitsplätzen in den Netzwerken einsetzbar. Zum Beispiel können Fragen zu Lohn, Vorgesetzten oder Urlaub für ehrenamtlich Beschäftigte nicht oder nur bedingt beantwortet werden. Diesen Unterschieden wird durch Kombination von qualitativen (Beobachtung, Workshop, Interview) und quantitativen (Fragebogen) Untersuchungsverfahren Rechnung getragen.

Die durchgeführten qualitativen Untersuchungen in den Allianzen gliedern sich in Beobachtungsinterviews, teilnehmende Beobachtung, sowie die Durchführung von Expertenworkshops.

Die eingesetzten quantitativen Verfahren erlauben neben der validen Analyse einen Vergleich der Ergebnisse mit denen anderer Unternehmen und Branchen. Die folgenden Verfahren werden eingesetzt:

- Arbeits- und Aufgabengestaltung mittels Impuls-Test (Molnar et al. 2009)
- Arbeitszufriedenheit mittels Fragebogen zur Ermittlung von Arbeitszufrieden



- heitstypen (Ferreira 2009),
- Belohnung-/Verausgabungsverhältnis mittels Effort-Reward-Imbalance (Siegrist et al. 2004)
- Erfassung der Kommunikation in Organisationen mittels Kommino (Sperka & Rózsa 2007),
- Teameffektivität und Innovation mittels Teamklima-Inventar - TKI (Brodbeck et al. 2000)

### 3. Ergebnisse

#### 3.1 Arbeits- und Aufgabengestaltung

Innovation braucht Freiraum und entsteht nicht unter Zeitdruck. Arbeitsaufgaben mit Handlungsspielräumen und Gestaltungsmöglichkeiten der eigenen Arbeit schaffen solche Freiräume. Auch das Wählen eigener Aufgaben und das Setzen von Schwerpunkten der Arbeit schaffen Spielräume und damit Innovationspotenziale.

Die Untersuchungsergebnisse der Arbeits- und Aufgabengestaltung zeigen einen sehr hohen Gestaltungsspielraum der Netzwerkmitglieder. Nicht nur die ehrenamtlich Tätigen können ihre Arbeitsabläufe selbst bestimmen, auch bei den beruflich Tätigen ist der Handlungs- und Gestaltungsspielraum sehr hoch. Selbst in den untersuchten Profit-Netzwerken fallen hohe Spielräume bei der Schwerpunktsetzung der Arbeit und das Fördern von Eigeninitiative der Mitarbeiter auf.

Weiterbildung geschieht in den Netzwerken in erster Linie durch Lernprozesse, die durch das oft multidisziplinäre Team angestoßen werden. Die Netzwerkarbeit mit den Partnern aus verschiedensten Sektoren bietet vielseitige Einblicke in neue Sicht- und Handlungsweisen. So werden Kenntnisse und Kompetenzen nicht nur auf fachlicher, sondern auch auf sozialer Ebene vermittelt.

Die Arbeitsatmosphäre und das Netzwerkklima werden von den Mitarbeitern aller Netzwerke gelobt. Besonders in den ehrenamtlichen Netzwerken wird großer Wert auf Kommunikation – auch informelle – gelegt. In den ehrenamtlichen Netzwerken ist ein großer Teil der Arbeit als Teamarbeit gestaltet. Unabhängig vom Anteil der Zusammenarbeit wird in allen befragten Netzwerken die Möglichkeit Ideen und Vorschläge einzubringen als sehr gut beschrieben.

#### 3.2 Arbeitszufriedenheit und Engagement

Es ist davon auszugehen, dass nur zufriedene Mitglieder, die sich mit ihrem Netzwerk und ihrer Arbeit identifizieren, sich und ihre Ideen voll einbringen. In den Interviews zeigt sich, dass das Engagement einzelner (oft der Koordinatoren) den Erfolg eines Netzwerks maßgeblich bestimmt. Zwei befragte brachliegende Netzwerke führen ihren Misserfolg auf das Fehlen oder Ausscheiden eines „Zugpferdes“ zurück.

In einem der untersuchten Netzwerke ging die Initiative für den Aufbau dieses Netzwerks von den beiden amtierenden Koordinatoren aus, deren Engagement und Motivation die Zusammenarbeit in der Koordinationsstelle maßgeblich prägen. In diesem Netzwerk ist die Identifikation mit der Arbeit vergleichbar hoch wie in den ehrenamtlichen Netzwerken, die vom Gestaltungswunsch ihrer Mitglieder leben.

Die Untersuchung der Arbeitszufriedenheitstypen in den Netzwerken zeigt wahrgenommene Kontrollierbarkeit bei allen Befragten, was (auch im Vergleich mit anderen Berufsgruppen) ein äußerst positives Ergebnis ist. Eine als kontrollierbar emp-



fundene Arbeitssituation führt zu Motivation für die Arbeit und dazu, dass Energien mobilisiert werden.

Auch das Anspruchsniveau, das bei allen Befragten aufrecht erhalten wird oder sich sogar erhöht, ist (besonders im Vergleich mit anderen Berufsgruppen) ein sehr gutes Ergebnis. Allerdings sind bei den befragten Netzwerkmitgliedern die Erwartungen an die Arbeit tendenziell höher als das, was die Arbeit ihnen bietet. Dies könnte mit der hohen Motivation der Befragten für ihre Tätigkeit zusammenhängen, die zu einem erhöhten Erwartungsniveau führt. Ein auffallend positives Ergebnis ist, dass fast alle Befragten (unter den Non-Profit-Organisationen sogar 100% der Befragten) Problemlöseversuche vornehmen.

### *3.3 Ausgewogenheit zwischen Aufwand und Belohnung*

Die Ausgewogenheit zwischen Aufwand und Belohnung ist für Ehrenamtliche die Basis ihre Tätigkeit auszuführen. Das Verhältnis zwischen Aufwand und Belohnung wird von den Befragten in allen untersuchten Netzwerken als auffallend ausgewogen wahrgenommen (auch im Vergleich zu anderen Berufsgruppen). Alle Befragten haben den Eindruck, dass bei ihrer Arbeit die Belohnung (Bezahlung, Wertschätzung, Aufstiegschancen, Arbeitsplatzsicherheit) deutlich größer ist als der Aufwand (Arbeitsmenge, Störungen, Verantwortung). Sie geben den Aufwand, den sie für Ihre Netzwerkarbeit aufbringen, als sehr gering an. Hier geben die ehrenamtlich Tätigen den geringsten Aufwand an. Bei der Bewertung der durch die Arbeit erfahrenen Belohnung geben die Befragten Bestnoten an: Sie empfinden die Anerkennung und anderen Formen der Belohnung als nahezu optimal. Auch in dieser Skala führen die ehrenamtlich Tätigen mit der höchsten Bewertung für die erfahrene Belohnung. Der Verausgabungsindikator der Befragten liegt im Vergleich zu anderen Berufsgruppen im Mittelfeld. Hier wurde bei den ehrenamtlich Tätigen die höchste Verausgabungsneigung gemessen.

### *3.4 Information und Kommunikation*

Etwa 50% der Arbeit in den untersuchten Netzwerken besteht aus Informations- und Kommunikationsvorgängen. Die Wichtigkeit einer Vertrauensbasis, sowie der Kommunikation in Meetings und anderen Formen von Face-to-Face Kommunikation, besonders für Vertrauliches, wird von allen Befragten betont.

Ein glatter Kommunikationsfluss ist die Basis für das Einbringen und den Austausch neuer Ideen. Zu einem guten Kommunikationsfluss gehört nicht nur, dass Informationen rechtzeitig, genau und vollständig weitergegeben werden, sondern auch, dass benötigte Informationen von allen abgerufen werden können. Zwei Netzwerke, die Informationen für ihre Mitglieder in einem netzwerkbasierten Informationssystem zur Verfügung stellen, berichten sehr positiv über ihre Systeme.

Kommunikationstechnologie und Informationssysteme finden vor allem für Informationsaustausch und organisatorisches Verwendung, können persönliche Kontakte aber nicht ersetzen. Regionale Begrenzung des Netzwerks wird deshalb als Erfolgsfaktor für die Kommunikation im Netzwerk angesehen.

Obwohl die Organisation und Kultur der untersuchten Netzwerke für die Wissensweitergabe von deren Mitgliedern als geeignet empfunden werden, zeigen sich im Informationsfluss einiger Netzwerke Optimierungsmöglichkeiten, die Potenziale erfolgreicher Netzwerkarbeit freisetzen können.

### 3.5 Teameffektivität und Innovation

Die Untersuchung der Teameffektivität und Innovation in den Netzwerken zeigt die Wichtigkeit von gemeinsamen Netzwerkzielen, die den Netzwerkaktivitäten Richtung geben. Nur wenn diese Visionen von den Mitgliedern übereinstimmend gesehen und geteilt wird, werden sie auch mit hohem Engagement verfolgt.

In den untersuchten Netzwerken werden mit hoher Synergie Ziele umgesetzt und gemeinsam Lösungen entwickelt. Bei den Befragungen zeigt sich allerdings, dass nicht alle Mitglieder ein klares Verständnis über die Ziele des Netzwerks haben, bzw. hinter den gemeinsamen Zielen stehen. Den betreffenden Netzwerken wird deshalb empfohlen, sich kontinuierlich Zeit zu nehmen, um sich aktiv mit ihren Zielen auseinanderzusetzen.

In den untersuchten Netzwerken ist die Partizipation in Form von Einbeziehung der Mitglieder und Mitbestimmung sehr hoch. Sie schafft Identifikation mit dem Netzwerk und der Arbeitsaufgabe und ist die Basis für Engagement.

Klare Organisationsstrukturen und eine geeignete Netzwerkmoderation erleichtern das Einbringen von Vorschlägen. Essentiell für das Äußern von Ideen und Veränderungsvorschlägen sind daneben ein gutes Netzwerkklima, Zusammenhalt und ein hohes Vertrauen in die anderen Mitglieder. Ein konstruktiver Dialog, der die verschiedenen Sichtweisen unterschiedlicher Partner einbezieht, wird nur in einem Netzwerkklima von gegenseitigem Vertrauen geführt.

Rückmeldung und Zeit für Reflexion der eigenen Arbeit sind Basis für das Erkennen von Optimierungspotenzialen. Das Erstellen von vollständigen Arbeitsprodukten ermöglicht eine Beurteilung des Arbeitsergebnisses und die Entwicklung von Optimierungsmöglichkeiten.

Erwartungsgemäß wird bei den in erster Linie ehrenamtlichen Non-Profit-Netzwerken eine hohe Bereitschaft und aktive Unterstützung für Innovationen festgestellt.

## 4. Zusammenfassung und Ausblick

In den Untersuchungen zeigten sich besonders die Felder Teamklima, Handlungs- und Gestaltungsräume, sowie Kommunikation als Erfolgsfaktoren für nachhaltige und innovationsfördernde Netzwerkarbeit. Für diese Felder wird in folgenden Arbeiten eine Toolbox entwickelt, mit deren Hilfe Netzwerke ihre Arbeit evaluieren und optimieren können.

## 5. Literatur

1. Brodbeck, F.C., Anderson, N. & West, M. 2000, TKI Teamklima Inventar. Göttingen: Hogrefe.
2. Ferreira, Y. 2009, FEAT – Fragebogen zur Erhebung von Arbeitszufriedenheitstypen: Zukunftsperspektive für das Züricher Modell, Zeitschrift für Arbeits- und Organisationspsychologie, 53, 177-193.
3. Molnar, M., Geißler-Gruber, B. & Haiden, C. 2009, Impuls-Test, Analyse von Stressfaktoren und Ressourcen im Betrieb, 15. Auflage. Im Internet verfügbar unter: [www.impuls-test.at](http://www.impuls-test.at).
4. Siegrist, J., Starke, D., Chandola, T., Godin, I., Marmot, M., Niedhammer, I. & Peter, R. 2004, Social Science & Medicine, 58, 1483-1499.
5. Sperka, M. & Rózsa, J. 2007, KOMMINO Fragebogen zur Erfassung der Kommunikation in Organisationen. Göttingen: Hogrefe.

## **Förderung von Interaktion und Wissensaustausch in global agierenden Teams am Beispiel eines Konzerns im IT-Service Bereich**

Verena JORDAN, Sonja SCHMICKER, Ernst HARTMANN,  
Karl-Albert BEBBER und Jürgen SCHMIDT

*METOP GmbH,  
An-Institut der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg,  
Sandtorstraße 23, D-39106 Magdeburg*

**Kurzfassung:** Interaktion und Wissensaustausch in global agierenden Teams findet hauptsächlich über IT-Tools statt. Spezielle Community-Plattformen, welche sich in Struktur und Funktionsweise an moderne Netzwerk- und Wissensmanagementplattformen anlehnen, eignen sich auf den ersten Blick ideal als Kommunikationskanal und Wissensmanagementsystem in global agierenden Teams. Bei näherer Betrachtung zeigt sich jedoch, dass die Bereitstellung einer solchen Plattform allein längst nicht in dem Maße zur Hebung der Potentiale in globalen Organisationen beiträgt, wie man es von auf freiwilliger Teilnahme basierenden Netzwerkplattformen kennt. Handlungsbedarf ergibt sich dabei auf verschiedenen Ebenen, in denen folgende Fragen im Mittelpunkt stehen: Welche fachlichen und überfachlichen Kompetenzen werden benötigt? Wie können sozio- und interkulturelle Herausforderungen gemeistert werden? Welche instrumentellen Regeln und institutionellen Organisationslösungen sind einzuführen? Wie können die Prozesse der Wissensgewinnung und Wissensintegration optimiert werden? Wie können Mitarbeiter zum aktiven Engagement in einer Community motiviert werden?

**Schlüsselwörter:** Wissensmanagement, globale Teams, Interaktion, IT-Tools.

### **1. Einleitung**

Die Förderung von Interaktion und Wissensaustausch in global agierenden Teams stellt für Wissenschaft und Wirtschaft eine besondere Herausforderung dar. Global agierende Teams entsprechen einer globalen Gruppen- und Teamarbeit, die größtenteils in virtuellen Arbeitsstrukturen, entkoppelt von Raum und Zeit, stattfindet, und erst durch den Einsatz technischer Medien und IT-Tools ermöglicht wird. Arbeitswissenschaftliche Fragestellungen ergeben sich bei dieser Kooperationsform auf individueller Ebene bezüglich einer fachlichen und überfachlichen Kompetenzentwicklung und auf Teamebene im Hinblick auf die sozio- und interkulturelle Problemlösung. Auf organisationaler Gestaltungsebene stehen die Fragen nach der Einführung instrumenteller Regeln und institutioneller Organisationslösungen, der Optimierung der Prozesse der Wissensgewinnung und -integration sowie der Unterstützung der virtuellen Arbeitsstrukturen durch technische Medien im Mittelpunkt (vgl. Förster et al. 2009). Letztere haben bei der globalen Zusammenarbeit einen besonderen Stellenwert und gewinnen im Hinblick auf Wissensmanagement immer stärker an Bedeutung. Der zunehmende Einsatz speziell angepasster informationstechnischer Com-

munity-Plattformen, die sich in ihrer Struktur und Funktionsweise an moderne Netzwerkplattformen insbesondere zum Wissensmanagement anlehnen, soll Organisationen zunehmend bei der Bewältigung dieser Herausforderungen unterstützen. Die Etablierung solcher Plattformen als Kommunikationskanal sowie Instrument des aktiven Wissensaustauschs in globalen Arbeitsgruppen ist jedoch eine besondere Herausforderung, die spezieller Beachtung bedarf.

## 2. Methode

Im Rahmen einer arbeitswissenschaftlichen und informationstechnischen Begleitung wurde ein global agierendes Team von rund 160 IT-Entwicklern unterstützt. Besonderer Fokus lag dabei auf dem Aufbau eines regulären Informations- und Wissensaustauschs sowie dem Aufbau einer Entwickler-Community mit hohem organisationalen Commitment. Darüber hinaus wurde der Aufbau einer Informations- und Interaktionsplattform zur Förderung der Kommunikation und des Wissensmanagements in dieser Community unterstützt.

Zu Beginn der arbeitswissenschaftlichen Unterstützung stand die Frage nach der Art und Qualität der gegenwärtigen Interaktion in der definierten Community und der Vergleich dieser mit den Charakteristika einer Community of Practice nach Wenger (2002) im Mittelpunkt. Um den Ist-Zustand der Interaktion in der Community aufzunehmen und entsprechende Maßnahmen einleiten zu können, wurde im ersten Schritt eine retrospektive Interaktionsanalyse durchgeführt, die durch eine ausführliche Kommunikationsanalyse ergänzt wurde. Während die Grundlage der Interaktionsanalyse eine Liste der geleisteten Projekte darstellte, die Daten wie Projektzusammensetzung, Projektmitglieder und Laufzeit enthielt, bildeten leitfadengestützte Telefoninterviews, in denen neben soziodemografischen Daten insbesondere Daten zur Informationssuche, zum Wissensmanagement sowie zur Nutzung von IT-Tools zur globalen Interaktion erhoben wurden, die Grundlage der Kommunikationsanalyse.

Im nächsten Schritt wurden die Ergebnisse beider Analysen in einem Stärken-Schwächen Portfolio zusammengefasst und den Charakteristika einer Community of Practice gegenübergestellt. Ziel war es, kritische Punkte zu identifizieren, die näher betrachtet werden sollten. So wurden die Verstärkung und Intensivierung von Interaktion und Kommunikation, die Förderung des Wissensaustauschs und der Motivation, der Aufbau von Vertrauen und die Schaffung organisationaler Regeln und Transparenz zu den Schwerpunktthemen des Projekts.

Die Ergebnisse der Analysen gaben u. a. Hilfestellung bei der Wahl der Inhalte einer Community-Plattform, die an die Bedürfnisse der Zielgruppe angepasst und als neues Kommunikationsinstrument und Wissensmanagementsystem bereitgestellt werden sollte. Die Struktur der Inhalte wurde mit Hilfe des Kommunikationsmodells von Lasswell (1948) analysiert und überarbeitet. Im Zentrum weiterer Untersuchungen stand die Analyse der Übertragbarkeit des intrinsischen Motivationspotentials der auf freiwilliger Teilnahme basierenden ‚Open-Source-Communities‘ auf die bestehende intra-organisationale Entwickler-Community und daraus ableitend die Entwicklung von Anreizsystemen zur Forcierung der aktiven Teilnahme in dieser Community. Darüber hinaus wurde ein Konzept einer retrievalfähigen Datenstruktur für ein integriertes Prozess- und Wissensmanagement auf der Interaktionsplattform erstellt und Hinweise zur Benutzerfreundlichkeit gegeben.

Die erarbeiteten Anreizsysteme zum Wissensaustausch wurden hinsichtlich ihrer

Anwendbarkeit auf den bestehenden Fall der Entwickler-Community geprüft und besondere kommunikationsförderliche Maßnahmen und Gestaltungsregeln entwickelt. Diese wurden mit Hilfe des IPK Model of Intervention for Activating Sustainable Motivation (Mertins et al. 2003) strukturiert und in Form von Leitlinien in einem Kommunikationskonzept festgehalten. Das Kommunikationskonzept, das neben Gestaltungsregeln zur Schaffung von Transparenz und Förderung von Kompetenzen auch Handlungsanweisungen für die Managementebene enthält, beschreibt ebenfalls, auf welche Weise die Mitglieder der Entwickler-Community aktiv involviert werden können, damit ein aktiver Wissensaustausch auf der Interaktionsplattform erfolgen und diese im partizipativen Prozess gestaltet und weiterentwickelt werden kann.

### 3. Ergebnisse

Während der Status-Quo Analyse kristallisierte sich Entwicklungspotentiale in fünf verschiedenen Hauptkategorien heraus, welche in der folgenden Tabelle dargestellt sind.

**Tabelle 1:** Hauptproblemkategorien der Community

Kategorie	Entwicklungspotential
<b>Menschen/Beziehungen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Unzureichendes Wissen über Community Mitglieder und deren fachliche Kompetenzen</li> <li>- Unterschiedliche Intensität persönlicher Beziehungen</li> <li>- Vertrauensprobleme</li> <li>- Fehlender „Community Spirit“</li> </ul>
<b>Kultur/Sprache</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Unterschiedliche Englischkenntnisse</li> <li>- Keine konstante Verwendung der englischen Sprache</li> </ul>
<b>IT-Tools</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kein einheitliches Wissen über die Anzahl, Verwendung und Funktionalität von IT-Tools in der Community</li> <li>- Technische Probleme mit IT-Tools in einigen Ländern</li> <li>- Globale Unterschiede bei der Verwendung der IT-Tools</li> </ul>
<b>Organisation</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Teilweise starke Einbindung in lokale Projekte</li> <li>- Geringe Anzahl an regelmäßigen face-to-face Meetings</li> <li>- Schwerer Zugang zu Experten durch globale Entfernung</li> <li>- Fehlendes Coaching/Mentoring System</li> <li>- Fehlende Zeit für aktives Wissensmanagement</li> <li>- Unterschiedliche lokale Organisationsstrukturen mit administrativen und funktionalen Unterstellungsverhältnissen</li> </ul>
<b>Wissensmanagement</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kein einheitlicher Sammlungs-, Speicherungs- und Transferprozess</li> <li>- Langsamer Informationsfluss</li> <li>- Seltene Nutzung von Wissen aus älteren Projekten</li> <li>- Schwieriges Auffinden von Information/Wissen</li> </ul>

Beim Entwurf der Lösungsansätze stand die Schaffung von Transparenz mit dem Ziel, einen gleichmäßigen Informationsfluss in der Community auf globaler Ebene zu gewährleisten, an erster Stelle. Der Zugang zu relevanten Informationen wie beispielsweise Informationen zu den Community-Mitgliedern, Kontaktpersonen, Abwesenheitskalendern, News, unternehmensspezifischen Regelwerken und Wissen, aber auch Feedback- und Diskussionsforen wurde über die IT-Plattform gegeben, die in einem integrativen Ansatz konstruiert wurden. Die Schaffung dieses zentralen Informations- und Interaktionspunkts schaffte den von der Community gewünschten Transparenzgrad, der das Auffinden relevanter Informationen stark vereinfacht und eine gleichmäßige Informations- und Wissensverbreitung sowie Feedbackabgabe gemäß des Action-Workflow-Prinzips gewährleistet. Das Programm zur Schaffung von Transparenz wurde ergänzt durch die Erarbeitung eines Plans zur fachlichen und soziokulturellen Kompetenzförderung sowie eines Mentoringprogramms.



Eine wichtige Rolle bei der Förderung der Kommunikation, des Vertrauens und der Motivation zum aktiven Wissensaustausch spielte auch die Unterstützung durch die Projektleitung und das Management. Die Einführung gemeinsamer Regeln zur Bereitstellung und Sammlung von Wissen, die Schaffung von Raum und Zeit zum Wissensaustausch und die Honorierung der aktiven Teilnahme an Informations- und Wissensmanagementprozessen förderte die Bereitschaft der Mitarbeiter zur Kommunikation und Interaktion.

Zur Erreichung einer hohen Sensibilisierung, Akzeptanz, Partizipation und Identifikation spielte die Involvierung der Community-Mitglieder eine entscheidende Rolle. Der konsequent verfolgte partizipative Ansatz bei der Prozessoptimierung und der Gestaltung der Community-Plattform, der über die Schaffung von Feedbackmöglichkeiten und die fortlaufende Bewertung der erarbeiteten Gestaltungsentwürfe realisiert wurde, war ausschlaggebend für die Akzeptanz der Innovationen. So erwies sich eine einwöchige face-to-face „Global HR IT Academy“, bei der 30 Community-Mitgliedern die Ergebnisse und Gestaltungsentwürfe vorgestellt, und diese durch die Teilnehmer im partizipativen Prozess diskutiert und verabschiedet wurden, als ein starker Motivationsfaktor zum aktiven Engagement in der Community. Zur Sensibilisierung der Community für das Thema Wissensmanagement wurde das „Münchener Modell des Wissensmanagements“ (Reimann-Rothmeier 2000a) herangezogen. Das persönliche Kennenlernen auf der Veranstaltung war von enormer Wichtigkeit für die Entwicklung persönlicher Beziehungen, die mit der Bildung von Vertrauen einhergehen und einen „Community Spirit“ schaffen. Letzterer wurde außerdem durch die Entwicklung einer Corporate Identity und Verbreitung der Community-Vision geschaffen und durch die Bereitstellung verschiedenster werbewirksamer Informationsmaterialien sowie die Ausgabe identitätsfördernder Gegenstände durch die Projektleitung und das Management verstärkt.

Insgesamt konnten über das Projekt sowohl wissenschaftliche als auch betriebspraktische Kenntnisse gewonnen werden, die insbesondere im betrieblichen Kontext nicht nur kommunikationsförderlich sind und sich positiv auf die Teambildung auswirken, sondern auch den Anstoß für eine langfristige Sicherung von Wissen geben und somit einen nachhaltigen betriebswirtschaftlichen Nutzen schaffen.

#### 4. Literatur:

1. Förster, J., Hartmann, E.A., Schmicker, S., Martin, H.S. & Bebbler, K.-A. 2009, Unterstützung und Förderung von global agierenden Teams am Beispiel eines weltweit operierenden Konzerns. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg.), Arbeit, Beschäftigungsfähigkeit und Produktivität im 21. Jahrhundert. Dortmund: GfA-Press, S. 165-168.
2. Lasswell, H.D. 1948, The Structure and Function of Communication in Society. In: L. Bryson (Ed.), Communication of Ideas. New York: Harper.
3. Mertins, K., Heisig, P. & Vorbeck, J. 2003, Knowledge Management. Concepts and Best Practices. Berlin: Springer.
4. Reinmann-Rothmeier, G. 2000, Wissen managen. Das Münchener Modell. Im Internet verfügbar unter: [http://www.wissensmanagement.net/download/muenchener\\_modell.pdf](http://www.wissensmanagement.net/download/muenchener_modell.pdf). Stand: 22.12.2009.
5. Wenger, E., Mc Dermott, R. & Snyder, W. 2002, Cultivating communities of practice: a guide to managing knowledge. Boston: Harvard Business School Press.



# Fahrzeugergonomie



## Biomechanische Beurteilung des Ein- und Ausstiegs am PKW

Raphael BICHLER<sup>1</sup>, Ansgar SCHWIRTZ<sup>2</sup>, Ralf KAISER<sup>1</sup> und Max AMERELLER<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Forschungs- und Innovationszentrum, BMW Group,  
Knorrstraße 147, D-80788 München*

<sup>2</sup> *Fachgebiet Biomechanik des Sports, Technische Universität München,  
Connollystraße 32, D-80809 München*

**Kurzfassung:** Virtuelle Menschmodelle bieten die Möglichkeit, Belastungen des menschlichen Bewegungsapparates bei Haltungen und Bewegungen objektiv auf der Basis biomechanischer Parameter zu quantifizieren. In der Fahrzeugergonomie soll zukünftig die Ein- und Ausstiegsbewegung auf diese Weise ergonomisch beurteilt werden. Dies erfordert zum einen die Entwicklung eines biomechanischen Modells, zum anderen eine Methode zur Bestimmung eines reproduzierbaren und validen Beurteilungsmaßstabes. Dieser Beitrag stellt das Vorgehen zur Entwicklung einer biomechanischen Beurteilung der Ein- und Ausstiegsbewegung vor.

**Schlüsselwörter:** Biomechanik, Menschmodell, Ein- und Ausstieg.

### 1. Einleitung

Die ergonomische Gestaltung eines Fahrzeuges nimmt beim Kunden einen immer höheren Stellenwert ein, so dass die sorgsame Auslegung des Zugangs- und Innenraums zunehmend wichtiger wird. Während der Fahrzeugentwicklung leisten computergestützte Menschmodelle dazu einen wertvollen Beitrag, da sie objektive, quantifizierbare und reproduzierbare Werte liefern. Die BMW Group setzt zur biomechanischen Beurteilung der Ein- und Ausstiegsbewegung das AnyBody Modeling System (Darmsgaard et al. 2006) ein. Auf dieses wird eine reale Bewegung übertragen und anschließend invers-dynamisch die muskuläre und artikuläre Belastung berechnet.

Im Folgenden wird die Aufzeichnung der Ein- und Ausstiegsbewegung mittels eines Motion-Capturing-Systems skizziert, die Methode zum Transfer der gemessenen kinematischen und dynamischen Bewegungsdaten auf das virtuelle Menschmodell vorgestellt und erste Ergebnisse der Berechnung muskulärer Belastungen beispielhaft dargestellt. Zuletzt wird aufgezeigt, wie aus der Vielzahl berechneter Bewegungsparameter eine Beurteilung des Ein- und Ausstiegs abgeleitet werden kann.

### 2. Methode

Zur Aufzeichnung von Ein- und Ausstiegsbewegungen in unterschiedliche Fahrzeuggeometrien wird ein variables Modell (VEMO) in Verbindung mit einem Motion Capturing System der Firma VICON eingesetzt (Rigel 2004). Die Rahmengeometrie des VEMO ist filigran gehalten, damit für Infrarot-Kameras eine möglichst ungehinderte Sicht auf die Bewegungsbahnen der am Körper der Probanden befestigten, reflektierenden Marker gewährleistet wird. Zur Aufzeichnung der auftretenden Reaktionskräfte zwischen den Probanden und der Umgebung ist das VEMO mit zwei 3D

Kraftmessplatten auf der Standebene und im Innenraum, zwei 3D Kraftaufnehmern an der Tür und einem 6-D Kraft- und Momentensensor an der Lenksäule ausgestattet. Kraftaufnehmer zur Messung der Reaktionskräfte am Sitz wurden zugunsten der VEMO-Variabilität nicht verbaut. Dieses experimentelle Setup erlaubt die Aufzeichnung kinematischer und dynamischer Bewegungsdaten beim Ein- und Ausstieg in nahezu jedes Fahrzeugkonzept. Zusätzlich wurde bei dem hier vorgestellten Datensatz die elektrische Aktivität von 12 Muskeln der unteren Extremitäten über ein telemetrisches Oberflächen-Elektromyographie-System der Myon AG synchron erfasst. Ein Vergleich der aufgezeichneten Muskelaktivitäten mit den über das AnyBody Modeling System berechneten Muskelaktivitäten ermöglicht somit eine Aussage über die Validität des biomechanischen Modells bei der Ein- und Ausstiegsbewegung.

## *2.1 Transfer kinematischer Bewegungsdaten*

Für eine realitätsnahe Berechnung der Belastungswerte ist ein möglichst exakter Transfer der aufgezeichneten Markertrajektorien auf das virtuelle Modell nötig. Herausforderungen dabei sind unter anderem durch die Zahl der Marker kinematisch überbestimmte Segmente, Artefakte der auf einen enganliegenden Anzug befestigten Marker durch Haut- und Stoffbewegungen sowie die vereinfachte Modell-Anatomie, beispielsweise bezüglich der Gelenkarten oder der symmetrischen Skalierung der rechten und linken Seite des Starrkörper-Modells. Das hier eingesetzte Verfahren zum kinematischen Bewegungstransfer wurde von M.S. Anderson (2009) entwickelt und erlaubt sowohl die Berechnung der Positionen, Geschwindigkeiten und Beschleunigungen der Körpersegmente des Menschmodells anhand aufgezeichneter Markertrajektorien als auch eine Optimierung von Modellparametern. Letzteres wurde zur Anpassung der Körperteil-Längen des Modells auf die Anthropometrie der jeweiligen Versuchspersonen genutzt. Die Bestimmung der optimierten Segmentlängen erfolgte dabei für den Zeitraum der gesamten Ein- und Ausstiegsbewegung.

## *2.2 Transfer dynamischer Bewegungsdaten*

Die dreidimensional messenden Kraftmessplatten auf der Standebene und im Fahrzeuginnenraum erlauben die Berechnung der Position des Kraftangriffspunktes (CoP) während der Ein- und Ausstiegsbewegung. Somit können die gemessenen Reaktionskraftvektoren exakt über die entsprechenden Positionen am linken und rechten Fuß in das Menschmodell eingeleitet werden. Dagegen werden die Angriffspunkte der an der Tür und am Lenkrad gemessenen Reaktionskräfte und Momente aufgrund der ungenauen bzw. fehlenden Möglichkeit zur Berechnung des CoP in den Handmittelpunkten des Modells angenommen. Bekannterweise kommt es bei der folgenden invers-dynamischen Berechnung fast unweigerlich zu dynamischen Inkonsistenzen, die aus experimentellen Messfehlern und Modellannahmen resultieren (Kuo 1998). Diese Inkonsistenzen werden hier über eine zusätzliche Residualkraft an der Hüfte gelöst, die gleichzeitig auch angenommene Unterstützungskräfte des Sitzes in das Modells einleitet, sobald die Hüfte die Position des Sitzes erreicht.

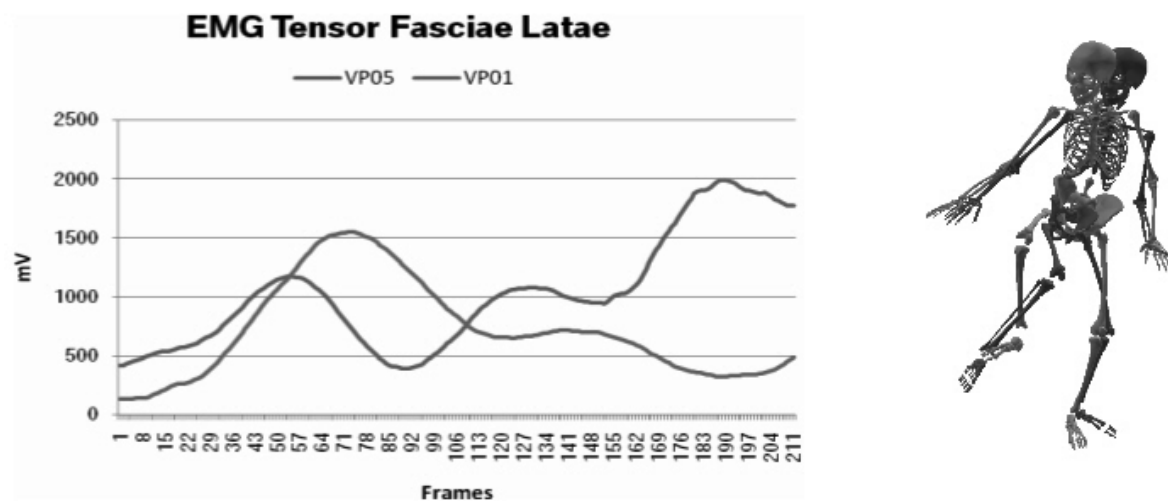
## **3. Ergebnisse zur Muskelaktivierung**

Es ist unbekannt, nach welchen Kriterien das zentrale Nervensystem einzelne Muskeln zur Bewegungsausführung ansteuert. Deshalb muss zur Bestimmung der Muskelaktivierung beim Ein- und Aussteigen ein geeigneter Optimierungs-Algorithmus (Solver) gefunden werden. Das AnyBody Modeling System beinhaltet unter anderem auch

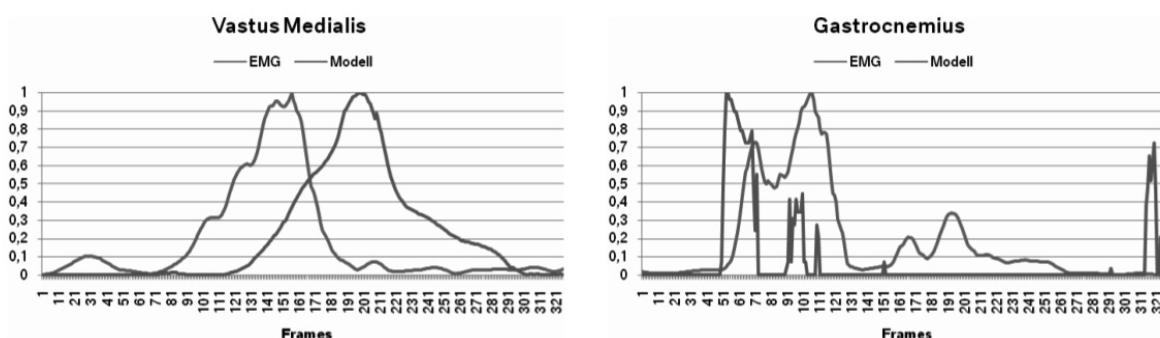
den sogenannten Min/Max Solver (Rasmussen et al. 2001), der den physiologischen Ansatz der Minimierung der Maximalbelastung aufgreift. Die folgenden Ergebnisse wurden mit dem Min/Max-Solver berechnet.

### 3.1 Vergleich von EMG und Modellberechnungen

Muskelaktivitäten während des Ein- und Aussteigens wurden von den Muskeln Tensor Fasciae Latae, Vastus Lateralis und Medialis, Gastrocnemius, Soleus und Biceps Femoris mittels eines telemetrischen Oberflächen-Elektromyographie System bestimmt. Bei der Datenaufbereitung wurden eine Hochpassfilterung mit 10 Hz, eine Tiefpassfilterung mit 500Hz sowie eine Signalgleichrichtung vorgenommen und die Signale anschließend mittels Root-Mean-Square 50ms und Moving-Average 50ms geglättet. Bei der qualitativen Betrachtung der EMG-Daten wird deutlich, dass schon kleine Unterschiede in der Bewegung zu Unterschieden in den EMG-Kurven führen (vgl. Abbildung 1). Ebenso sensibel reagiert auch die Berechnung der Muskelaktivität auf Änderungen in der Bewegung, was die Wichtigkeit eines möglichst exakten Bewegungstransfers auf das Modell unterstreicht.



**Abbildung 1:** Aktivität des Tensor Fasciae Latae zweier Versuchspersonen während des Einsetzens des rechten Beines in den Fahrzeuginnenraum. Die höhere Aktivität am Ende realisiert die größere Innenrotation des rechten Oberschenkels bei VP05



**Abbildung 2:** Vergleich der gemessenen (EMG) und der berechneten (Modell) Muskelaktivität beim Einsteigen (Abheben rechtes Bein bis Ende Einstellen linkes Bein)

Abbildung 2 zeigt einen Vergleich der EMG-Signale von Vastus Medialis und Gastrocnemius des rechten Beines mit den entsprechenden Berechnungen der Muskelaktivität über das AnyBody Modeling System. Alle Kurven wurden dafür auf einen Be-

reich zwischen 0 und 1 normalisiert. Wie erwartet liegt das EMG-Signal des Vastus Medialis aufgrund der elektromechanischen Verzögerung zeitlich versetzt vor den berechneten Kurven, der berechnete Verlauf stimmt sehr gut mit dem gemessenen Verlauf überein. Eine ähnlich gute Übereinstimmung erhält man auch für die übrige Oberschenkel- bzw. Hüftmuskulatur (ohne Abb.). Dagegen weisen die Berechnungen von Soleus (ohne Abb.) und Gastrocnemius vergleichsweise geringe Ähnlichkeiten mit den EMG-Signalen auf. Ein Grund hierfür könnte in einer ungenauen Rekonstruktion der Markertrajektorien des Fußes liegen, da dieser Bewegungsbereich beim Einstieg nur selten von einer ausreichenden Zahl an Kameras gesehen wird. Weitere mögliche Fehlerquellen werden derzeit untersucht.

#### 4. Bewegungsbeurteilung

Die über das Menschmodell berechneten kinematischen und dynamischen Bewegungsparameter bilden die Grundlage einer objektiven Beurteilung der Ein- und Ausstiegsbewegung. Dabei sollen möglichst viele bewegungsbeschreibende Parameter in die Beurteilung einfließen, denn der isolierte Blick auf einzelne Gelenke oder die Beschränkung auf zeitliche Einzelwerte wie Maximum oder Minimum genügen nicht dem ganzheitlichen Wesen einer Ganzkörperbewegung.

Damit dieser Forderung nachgekommen werden kann, wurde eine optimale Ein- und Ausstiegsbewegung als Ausgangspunkt des Beurteilungsmaßstabes bestimmt. Dazu wurden von 23 Versuchspersonen Ein- und Ausstiegsbewegungen ohne geometrische Einschränkungen durch Rahmengenometrien aufgezeichnet und die durchschnittlichen Ausprägungen der Bewegungsmerkmale errechnet. Jede zu untersuchende Bewegung wird nun mit dieser Optimalbewegung quantitativ verglichen, die Berechnungsmethode dazu ist an ein Verfahren von W. Schöllhorn (1996) zur Erkennung von Bewegungsmustern angelehnt. Hierbei wird die Ähnlichkeit zwischen Bewegungsparametern der Optimalbewegung und der zu untersuchenden Bewegung für den gesamten Zeitverlauf über orthogonale Referenz-Funktionen bestimmt. Anschließend werden diese zu einem kombinierten Ähnlichkeitskoeffizienten zusammengefasst. Dieser Kennwert erlaubt es schließlich, eine Aussage darüber zu treffen, wie nahe eine Ein- und Ausstiegsbewegung an dem ergonomischen Optimum liegt.

#### 5. Literatur

1. Andersen, M.S. 2009, Kinematically Over-determinate Musculoskeletal Systems, Modeling, Kinematic analysis and Parameter Identification, Special Report No. 66. Dänemark: Aalborg University.
2. Damsgaard, M., Rasmussen, Christensen, S.T., Surma, E. & de Zee, M. 2006, Analysis of musculoskeletal systems in the AnyBody Modeling System, Simulation Modelling Practice and Theory, 14, 1100-1111.
3. Kuo, A.D. 1998, A least squares estimation approach to improving the precision of inverse dynamics computations, Journal of Biomechanical Engineering, 120, 148-159.
4. Rasmussen, J., Damsgaard, M. & Voigt, M. 2001, Muscle recruitment by the min/max criterion - a comparative numerical study, Journal of Biomechanics, 34, 409-415.
5. Rigel, S. 2004, Entwicklung einer Methode zur quantitativen Analyse der Ein- und Ausstiegsbewegung in einen PKW, Doktorarbeit. München: Technische Universität München.
6. Schöllhorn, W. 1996, Orthogonale Referenz-Funktionen zur Erkennung von Bewegungsmustern. In: J. Krug (Hrsg.), Zeitreihenanalyse und „multiple statistische Verfahren“ in der Trainingswissenschaft. Köln: Bundesinstitut für Sportwissenschaft, S. 101-118.



# Sitzkomfort – welchen Einfluss hat das Untersuchungsszenario auf die Bewertung?

Bettina ABENDROTH und Ralph BRUDER

*Institut für Arbeitswissenschaft, Technische Universität Darmstadt,  
Petersenstraße 30, D-64287 Darmstadt*

**Kurzfassung:** In der hier vorgestellten Studie wurde der Sitzkomfort in zwei unterschiedlichen Fahrzeugen von Probanden in zwei Untersuchungsszenarien beurteilt. Der Schwerpunkt der Auswertung lag auf dem Vergleich der Ergebnisse der verschiedenen Untersuchungsszenarien.

**Schlüsselwörter:** Sitzkomfort, Statische Komfortmessung, Dynamische Komfortmessung.

## 1. Einleitung

Für den Komfort im Fahrzeug ist der Fahrzeugsitz eine entscheidende Schnittstelle zwischen Mensch und Fahrzeug. In Zeiten sich angleichender Designs und Motorisierung wird es für die Fahrzeugentwickler immer wichtiger, den vom Menschen empfundenen Komfort eine große Bedeutung zuzumessen. Dies zeigt sich allein schon darin, dass heute selbst Kleinwagen über zahlreiche Verstellmöglichkeiten des Sitzes sowie des Lenkrades verfügen.

Ziel der hier vorgestellten Studie ist es, den Komfort des Fahrersitzes zum einen in unterschiedlichen Szenarien zu bewerten und zum anderen zu vergleichen, wie der Sitzkomfort zweier Kleinwagen im Vergleich zueinander beurteilt wird.

## 2. Methode

### 2.1 Begriffe Komfort und Diskomfort

Zum Themenkomplex Komfort und Diskomfort gibt es viele theoretische Betrachtungen und Modelle. Vielen Definitionen liegt die Tatsache zugrunde, dass Komfort ein subjektives Erleben eines Individuums innerhalb eines komplexen, heterogenen Bewertungskonglomerats ist, das von physikalischen, physiologischen und psychologischen Faktoren beeinflusst wird und eine Reaktion auf die Umwelt darstellt (Kempfert 1999; de Looze et al. 2003).

Bubb (2003) verbindet den Komfort im allgemeinen Sprachgebrauch mit den Begriffen Behaglichkeit, Bequemlichkeit, Zufriedenheit und Luxus. Komfort und Diskomfort stellen zwei unterschiedliche Dimensionen dar (Zhang et al. 1996). Während der Komfort eher dem subjektiven Erleben und der Ästhetik zugeschrieben wird, wird Diskomfort hauptsächlich in Verbindung mit physiologischen und biomechanischen Faktoren gesehen, die mit objektiven Messgrößen bewertet werden können.

### 2.2 Untersuchungskonzept und -methodik

In den hier vorgestellten Versuchsreihen wurde das subjektive Komfortempfinden

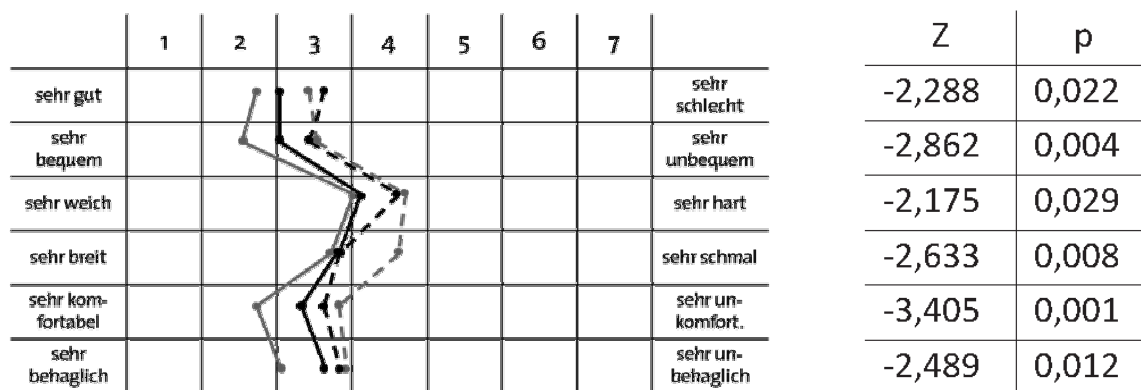
von Probanden auf dem Fahrersitz und einem Rücksitz erfasst. Dazu wurden verschiedene Versuchsreihen mit zwei Kleinwagen durchgeführt. In der ersten Versuchsreihe wurde die Beurteilung des Sitzkomforts im stehenden Fahrzeug durch die Probanden (N=35) vorgenommen (statische Versuche). In einer zweiten Versuchsreihe wurde der Sitzkomfort nach dem Fahren einer Strecke von 13 km im Stadtverkehr sowie ausgewählter Fahrmanöver auf einem Testgelände von den Probanden (N=33) bewertet (dynamische Versuche). Zur Beurteilung des Sitzkomforts wurden Fragebögen zur vergleichenden Beurteilung der beiden Fahrzeuge entwickelt. Diese umfassten verschiedene zeitliche Komfortaspekte sowie die unterschiedlichen Bereiche des Sitzes und der Bedienelemente zur Sitzeinstellung.

Nach dem Einsteigen und Einstellen des Sitzes wurde in allen Versuchsreihen der Ansitzkomfort (Hartung 2006) erfasst. Die Probanden wurden gebeten, den Sitz mit drei Begriffen zu beschreiben (offene Frage), anschließend bewerteten sie ihren ersten Eindruck des Sitzes in Form eines semantischen Differentials mit 6 Adjektivpaaren. Bei den statischen Versuchen wurde nach 25 Minuten der Kurzzeitkomfort mit 58 Fragen, die den Bereichen Gesamtbeurteilung, Ein-/Ausstieg, Rückenlehne, Sitzfläche, Kopfstütze, Bedienelemente zur Sitzeinstellung (nur Fahrersitz) und körperliche Beschwerden zugeordnet wurden, auf einer bipolaren 7-er Skala abgefragt. Die dynamischen Versuche umfassten eine 40-minütige Fahrt auf dem Testgelände der TU Darmstadt in Griesheim sowie anschließend noch eine 35-minütige Fahrt durch die Stadt Darmstadt. Nach den einzelnen Fahrmanövern und nach der Stadtfahrt beurteilten die Fahrer jeweils ausgewählte Kriterien des Sitzes analog zu den statischen Versuchen.

### 3. Ergebnisse – Beurteilung des Fahrersitzes

#### 3.1 Erster Eindruck

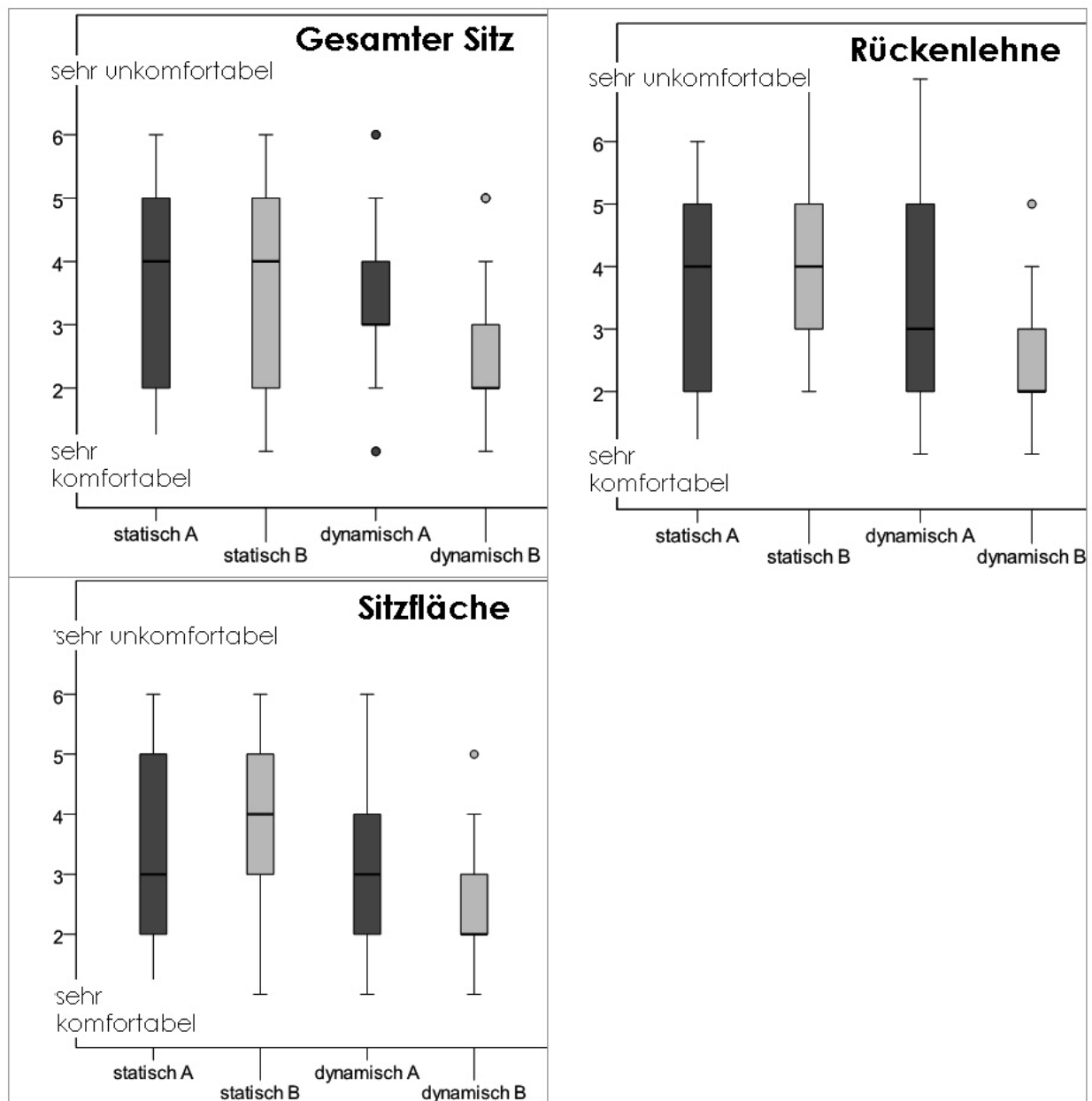
Die Probanden aller Versuchsreihen haben nach dem Einsteigen in das Fahrzeug und dem Einstellen des Sitzes ihren ersten Eindruck des Sitzes im stehenden Fahrzeug mit Hilfe eines semantischen Differentials bewertet (vgl. Abbildung 1, links). Die Ergebnisse zeigen, dass beide Fahrzeuge bei der dynamischen Versuchsreihe tendenziell besser beurteilt wurden als bei den statischen Versuchen. Für Fahrzeug A gibt es keinen statistisch signifikanten Unterschied bei dem ersten Eindruck des Sitzes zwischen den statischen und den dynamischen Versuchen, für Fahrzeug B ist dieser Unterschied jedoch statistisch signifikant (siehe Abbildung 1, rechts).



**Abbildung 1:** links: Bewertung des ersten Eindrucks vom Fahrersitz, dargestellt sind Mittelwerte. Statischer Versuch (gestrichelt): Fzg. A schwarz, Fzg. B grau; dynamischer Versuch: Fzg. A schwarz, Fzg. B grau; rechts: Ergebnisse des Mann-Whitney-U-Test, Unterschied statische-dynamische Versuche für Fzg. B

### 3.2 Komfortbeurteilungen

Die Komfortbeurteilung wurde bei den statischen Versuchen nach 25 Minuten durchgeführt, bei den dynamischen Versuchen nach ca. 75 Minuten. Die Ergebnisse für die Komfortbeurteilung des gesamten Sitzes, der Rückenlehne und der Sitzfläche zeigt Abbildung 2 für alle Probanden in den beiden Versuchsreihen. Auch hier zeigt sich der Effekt, dass beide Fahrzeuge bei den dynamischen Versuchen tendenziell besser beurteilt wurden im Vergleich zu den statischen Versuchen. Für Fahrzeug A gibt es keinen statistisch signifikanten Unterschied zwischen den Beurteilungen im stehenden und denen im fahrenden Fahrzeug, Fahrzeug B wird nach dem Fahren signifikant besser beurteilt als im Stand (Gesamtbeurteilung:  $Z=-2,952$ ,  $p=0,003$ ; Rückenlehne:  $Z=-3,464$ ,  $p=0,001$ ; Sitzfläche:  $Z=-3,443$ ,  $p=0,001$ ).



**Abbildung 2:** Bewertung des Sitzkomforts anhand der Fragen „Wie empfinden Sie den Gesamtkomfort des Sitzes?“ (links oben), „Wie empfinden Sie den Gesamtkomfort der Rückenlehne?“ (rechts oben) und „Wie empfinden sie den Gesamtkomfort der Sitzfläche?“ (links unten)

### 3.3 Fazit – Einflussfaktoren auf die Beurteilungsergebnisse

Die Ergebnisse zeigen, dass Fahrer den Sitzkomfort beim Fahren besser beurteilen als im stehenden Fahrzeug. Dies ist insofern einsichtig, da dynamisches Sitzen den Eigenschaften des menschlichen Körpers besser entspricht. Der Komfort von Fahrzeugsitzen sollte daher im fahrenden Fahrzeug untersucht werden.

Weiterhin ist zu klären, warum Fahrzeug B bei den dynamischen Versuchen signifikant besser beurteilt wurde als Fahrzeug A und auch signifikant besser als bei den statischen Versuchen. Die Beurteilungsergebnisse könnten zum einen durch unterschiedliche Charakteristika der beiden Probandenkollektive oder zum anderen durch die dynamischen Eigenschaften der beiden Fahrzeuge beeinflusst worden sein. Ein Vergleich der Charakteristika der Probanden der beiden Versuchsreihen zeigt, dass die Kollektive relativ gleich im Hinblick auf Alter, Geschlecht und anthropometrische Maße zusammengesetzt waren. Unterschiedliche Bewertungen in den verschiedenen Versuchsreihen können somit nicht auf diese Eigenschaften der Probanden zurückgeführt werden. Außerdem könnte die Einstellung der Probanden zu den untersuchten Fahrzeugen die Bewertung der Sitze beeinflusst haben. Die Probanden wurden nach der Komfortbeurteilung jeweils gefragt, welches Auto sie im Hinblick auf das abgefragte Kriterium bevorzugen. Dabei wurden nur die Daten der Probanden analysiert, die beide Fahrzeuge im Hinblick auf das Komfortkriterium gleich bewertet haben. Anhand dieser Ergebnisse kann eine erste Abschätzung des Einflusses der generellen Einstellung zum jeweiligen Fahrzeug vorgenommen werden. Bei den drei hier dargestellten Fragen zeigt sich, dass bei den statischen Versuchen beide Fahrzeuge annähernd gleich häufig bevorzugt wurden, während bei den dynamischen Versuchen der größere Anteil der Probanden Fahrzeug B bevorzugte. Diese generelle Bevorzugung des Fahrzeugs B vom Probandenkollektiv der dynamischen Versuche könnte ein Grund dafür sein, warum Fahrzeug B bei den dynamischen Versuchen besser beurteilt wurde, als bei den statischen Versuchen. Diese Bevorzugung könnte durch die Einstellung zum Fahrzeug oder auch durch die dynamischen Eigenschaften des Fahrzeugs geprägt sein. In diesem Beitrag wurden nur die Ergebnisse von 3 der 58 Fragen dargestellt. Aber auch die Auswertung der weiteren Fragen legt den Schluss nahe, dass Probanden den Komfort des Sitzes nicht vollständig unabhängig von der generellen Einstellung zu den untersuchten Fahrzeugen und den dynamischen Eigenschaften des Fahrzeugs beurteilen können. Der Einfluss der generellen Einstellung der Probanden zu den analysierten Fahrzeugen oder der Ästhetik des Sitzes wird in der nächsten Versuchsreihe weiter analysiert werden.

## 4. Literatur

1. Kempfert, O. 1999, Arbeitsplatz Auto, Wirtschaftspsychologie Bd. 7. Frankfurt am Main: Peter Lang.
2. De Looze, M.P., Kuijt-Evers, L.F.M. & van Dieen, J. 2003, Sitting comfort and discomfort and the relationships with objective measures, *Ergonomics*, 43, 985-997.
3. Bubb, H. 2003, Fahrerassistenz: primär ein Beitrag zum Komfort oder für die Sicherheit? In: *Der Fahrer im 21. Jahrhundert: Anforderungen, Anwendungen, Aspekte für Mensch-Maschine-Systeme*, VDI-Berichte Nr. 1768. Düsseldorf: VDI Verlag, S. 25-44.
4. Hartung, J. 2006, Objektivierung des statischen Sitzkomforts auf Fahrzeugsitzen durch die Kontaktkräfte zwischen Mensch und Sitz, Dissertation am Lehrstuhl für Ergonomie der TU München. München: Technische Universität München.
5. Zhang, L., Helander, M. & Drury, C.G. 1996, Identifying factors of comfort and discomfort in sitting, *Human Factors*, 38, 377-389.

# Müdigkeitsbewertung bei Fahrversuchen mit Hilfe einer Videoanalyse

Klaus FUCHS, Thomas SCHRAMM und Ralph BRUDER

*Institut für Arbeitswissenschaft, Technische Universität Darmstadt,  
Petersenstr. 30, D-64287 Darmstadt*

**Kurzfassung:** Ein beträchtliches Risiko für den Straßenverkehr geht von müden Fahrern aus. Methoden zur Bewertung des Grades der Fahrermüdigkeit sind wichtig für die praktische Entwicklung von Assistenzsystemen zur Detektion dieser Müdigkeit. In der vorgestellten Studie wurden Fahrversuche durchgeführt und die Fahrer mit Hilfe einer Videoanalyse bewertet. Zwei trainierte Experten bewerteten die Müdigkeit von 6 bzw. 17 Fahrern. Es wird die Interrater-Korrelation zweier Experten, Test-Retest-Korrelationen sowie Korrelationen zwischen der Müdigkeitsbewertung mit Hilfe der Videoanalyse und der Müdigkeitsbewertung der Probanden nach der 9-stufigen Karolinska Skala verglichen.

**Schlüsselwörter:** Videoanalyse, Müdigkeit, Aufmerksamkeit, Karolinska Sleepiness Scale.

## 1. Einleitung

Fahrermüdigkeit stellt eine besondere Gefährdung der Verkehrssicherheit dar, da sich Wahrnehmung, Sinnesleistung, Motorik und Motivation in Abhängigkeit des Müdigkeitszustands ändern (vgl. Schmidtke 1995). Eine zu niedrige Beanspruchung als Ursache für ermüdungsähnliche Zustände des Fahrers kann zu einer erhöhten Anzahl von Unfällen (Kenny 1995). Ein beträchtlicher Teil der Unfälle wird durch einschlafende Fahrzeugführer verursacht (Lyznicki et al. 1998; Hell 2004).

Diese Arbeit beschäftigt sich mit der Fremdbewertung der Müdigkeit von Fahrern mit Hilfe einer Videoanalyse. Hierfür wurde eine dreistündige Realfahrtstudie, welche im Rahmen der Forschungsinitiative AKTIV (Adaptive und kooperative Technologien für den intelligenten Verkehr) des BMWi in Kooperation mit einem Industriepartner durchgeführt wurde, ausgewertet. Dabei wurden Informationen über die Probanden durch Fragebögen sowie Video- und Fahrzeugdaten erhoben und ausgewertet.

## 2. Methode

Reitter (2001) stellt fest, dass sich „der durch Monotonie induzierte Ermüdungszustand [...] physiologisch nicht von andersartig induzierter Müdigkeit unterscheidet.“ Eine Situation gilt nach McBain (1970) als monoton, wenn deren Reize sich nicht bzw. nicht unvorhergesehen verändern. Bei der Auswahl des Versuchsgeländes wurde auf diese Bedingung Wert gelegt. Die Versuchsfahrten wurden auf dem Testgelände der TU Darmstadt, dem August-Euler-Flugplatz, durchgeführt. Hierbei handelt es sich um ein für den Probanden reizarmes Gelände, welches von Gras- und Waldflächen umgeben ist. Bei den Probanden wurden Monotoniezustände, die sich durch anhaltende Unterforderung einstellen (Hacker 1989), beobachtet.

Bedingt durch ein geringes Reizniveau, vertraute Umgebungen (Reitter 2001), geringe Kurvigkeit, Verkehrsdichte und visuelle Reize (Nelson 1997) können sich vergleichbar monotone Umgebungen auch im öffentlichen Straßenverkehr finden.

Das Testfahrzeug war mit zusätzlicher Sensorik und Videokameras zur Aufzeichnung des Fahrerverhaltens ausgestattet.

## 2.1 Probanden

Um Aussagen über den Einfluss des Fahreralters und des Geschlechts treffen zu können, wurden die Versuche mit Probanden aus vier Kollektiven durchgeführt (siehe Tabelle 1).

**Tabelle 1:** Anzahl Probanden in Abhängigkeit von Alter und Geschlecht

	Weiblich	Männlich
50 – 70 Jahre	N=10 ( $\bar{X}$ =60,1; SD=5,3)	N=10 ( $\bar{X}$ =58,1; SD=5,5)
20 – 40 Jahre	N=15 ( $\bar{X}$ =23,1; SD=3,5)	N=11 ( $\bar{X}$ =26,0; SD=3,3)

Den Probanden wurde der Fahrauftrag gegeben, auf einem vorgegebenen Parcours mit 1,9 km Länge drei Stunden lang mit einer Geschwindigkeit von 50 km/h in einem für sie gewohnten Fahrstil zu befahren.

## 2.2 Müdigkeitsbewertung

Den Testpersonen wurde vor der Versuchsfahrt die 9-stufige verbalverankerte Karolinska Sleepiness Scale (KSS; Akerstedt & Gillberg 1990) zur Eigenbewertung der Müdigkeit erläutert. Sie reicht von 1 (sehr wach) bis 9 (extrem müde). In der Studie wurde eine deutsche Übersetzung der KSS von Niederl (2007) verwendet. Fragebögen wurden vor und nach dem Versuch zur Abfrage von Müdigkeit und persönlichen Daten wie Fahrweise, Schlafgewohnheiten und Koffeinkonsum eingesetzt. Während der Testfahrt bewerteten die Probanden ihre Müdigkeit zu Beginn jeder Runde auf einem numerischen Tastenfeld anhand der KSS. Es zeigte sich ein deutlicher Anstieg der Müdigkeit der Fahrer über die Versuchszeit (Schramm et al. 2009).

Zur Fremdbewertung der Müdigkeit stehen den Experten drei Videos (Gesicht des Fahrers, Oberkörper des Fahrers und Fahrbahn) zur Verfügung. Die Experten erhalten eine mehrseitige Anleitung mit Einführungstext, einer Tabelle mit Bewertungskriterien für sechs Bewertungsstufen mit Haupt- und Nebenkriterien, einen Lageplan der Versuchsstrecke sowie eine Kurztabelle, deren Kurzbeschreibung von der KSS abgeleitet ist (siehe Tabelle 2). Der Einführungstext basiert auf einer Beschreibung müder Personen von Wierwille & Ellsworth (1994). Das Fahrerverhalten bei Müdigkeit wurde aus der Literatur abgeleitet und anschließend in einem mehrstufigen Iterationsprozess optimiert. Die Bewertungsstufen werden anhand der Hauptkriterien zugeordnet. Das Hauptkriterium für „wach“ ist beispielsweise „kurze und gleichzeitig seltene Lidschlüsse (Lidschlussverhalten eines wachen Fahrers)“. Nebenkriterien treten häufig in Kombination mit den Hauptkriterien auf, sind aber alleine betrachtet, nicht hinreichend um eine Einstufung vorzunehmen, sie können vielmehr eine Bewertung bekräftigen. Eines der Nebenkriterien für Wach lautet: „aufmerksames Umherblicken und/oder Streifblicke (z. B. kurze Blicke aus dem Seitenfenster)“. Neben den sechs Bewertungsstufen mit Haupt- und Nebenkriterien können die Experten die Müdigkeit in vier Zwischenstufen bewerten. Die Bewertung der Müdigkeit erfolgt kontinuierlich und muss in Echtzeit durchgeführt werden.



**Tabelle 2:** Kurztabelle mit Haupt und Zwischenstufen der Müdigkeitsbewertung

Sehr wach		Wach		Weder wach noch müde		Müde, aber keine Probleme wach zu bleiben		Sehr müde, große Probleme wach zu bleiben, mit dem Schlaf kämpfend	Sekundenschlaf
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

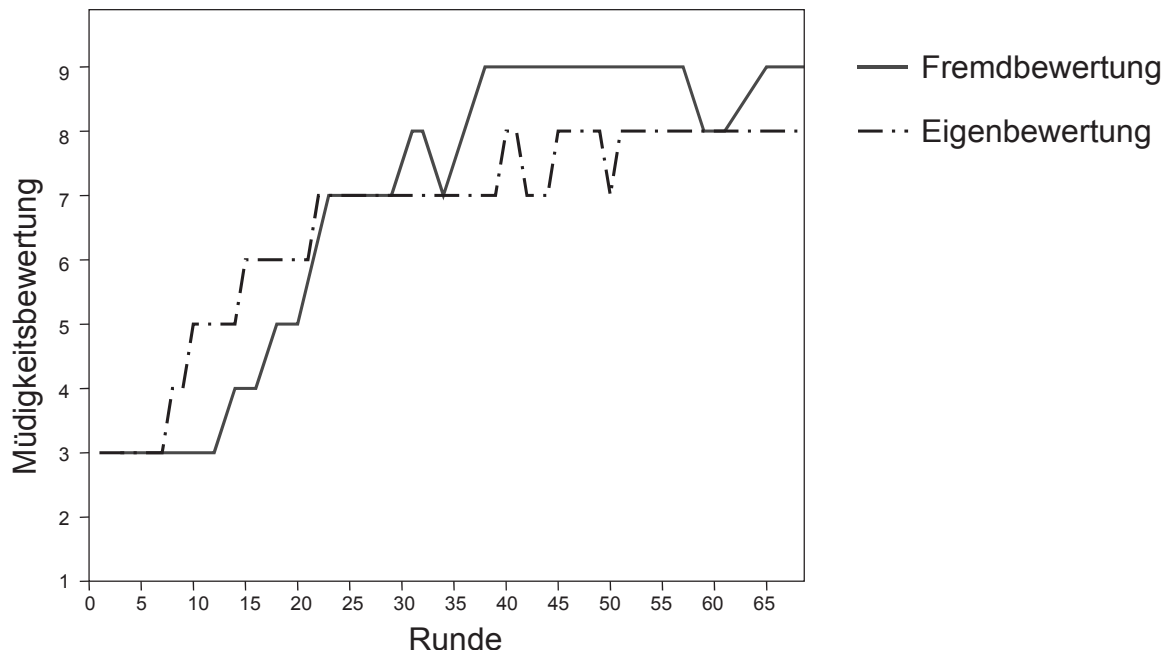
### 3. Ergebnisse

Für die ersten Ergebnisse wurden eine Interrater- und Test-Retest-Korrelation durchgeführt. Zur Überprüfung der Test-Retest-Korrelation wurden nach 3 Monaten 6 Probanden von demselben Experten erneut bewertet. Eine Korrelation nach Krippendorffs Alpha hat gezeigt, dass in 3 von 6 Fällen eine sehr starke Übereinstimmung besteht ( $\alpha \geq 0,85$ ). In den übrigen 3 von 6 Fällen besteht eine starke Übereinstimmung ( $\alpha \geq 0,71$ ). Im Mittel zeigt sich eine Übereinstimmung von  $\alpha > 0,80$ . Dies zeigt, dass die Bewertung der Müdigkeit der Experten beständig ist. Zu der Untersuchung der Interrater-Korrelation wurde die Müdigkeit von sechs Probanden, welche von zwei Experten bewertet wurden, verglichen. Eine Korrelation nach Krippendorffs Alpha hat gezeigt, dass in 5 von 6 Fällen eine sehr starke Übereinstimmung besteht ( $\alpha \geq 0,85$ ). In einem von 6 Fällen besteht eine starke Übereinstimmung ( $\alpha \geq 0,72$ ). Im Mittel zeigt sich eine Übereinstimmung von  $\alpha > 0,87$ . Dies zeigt, dass die Bewertung der Müdigkeit zwischen den Experten beständig ist. Anschließend wurden die Eigen- mit den Fremdbewertungen verglichen. Exemplarisch für eine gute Korrelation ist in Abbildung 1 die Eigen- und Fremdbewertung der Müdigkeit eines Probanden zu sehen. Mit Hilfe des Rangkorrelationskoeffizienten nach Spearman wurde der monotone Zusammenhang der Eigen- und Fremdbewertung überprüft. In 9 von 17 Fällen zeigte sich eine sehr starke Korrelation (Mittelwert  $r_s > 0,86$ ), in 3 von 17 Fällen eine starke Korrelation (Mittelwert  $r_s > 0,59$ ) und in 4 von 17 Fällen eine mittlere Korrelation (Mittelwert  $r_s < 0,34$ ). In einem Fall war die Berechnung der Korrelation wegen der konstanten Eigenbewertung der Müdigkeit (KSS 3) des Probanden nicht berechenbar. Im Mittel zeigt sich eine starke Korrelation von  $r_s > 0,68$ .

### 4. Zusammenfassung und Ausblick

Bisher konnten noch nicht alle Probanden der Studie mit der Methode der Video-Fremdbewertung analysiert werden. Die gezeigten Ergebnisse der Interrater- und Intrarater-Reliabilität sowie der Rangkorrelation nach Spearman lassen jedoch erste Rückschlüsse zu, dass mit dieser Methode eine zuverlässige Video-Fremdbewertung der Müdigkeit möglich ist. Die Anweisungen zur Müdigkeitsbewertung konnten von den Experten gleichermaßen verstanden, interpretiert und umgesetzt werden. Die Video-Fremdbewertungen können in Versuchen zur Fahrermüdigkeit eingesetzt werden, um bei einem geringen Korrelationskoeffizienten der Eigen- und Fremdbewertungen Datensätze, bei denen der Grad der Fahrermüdigkeit nicht eindeutig ist, herauszufiltern und somit die Qualität der aus Fahrversuchen abgeleiteten Algorithmen

zu steigern. Weitere Studien sind notwendig, um das hier eingeführte Verfahren zur Fremdbewertung der Müdigkeit abzusichern. Es ist geplant, die hier vorgestellte Video-Fremdbewertung anhand physiologischer Kennwerte, welche Rückschlüsse auf die Müdigkeit zulassen, zu validieren.



**Abbildung 1:** Eigen- und Fremdbewertung der Müdigkeit eines Probanden ( $r_s > 0,845$ ;  $\alpha > 0,78$ )

## 5. Literatur

1. Åkerstedt, T. & Gillberg M. 1990, Subjective and Objective Sleepiness in the Active Individual, *International Journal of Neuroscience*, 52, 29-37.
2. Hacker, W. 1989, Monotonie. In: S. Greif, H. Holling & N. Nicholson (Hrsg.), *Arbeits- und Organisationspsychologie München*: Psychologie Verlags Union, S. 329-332.
3. Hell, W. 2004, Unfallursache Einschlafen, Auftreten und Prävention von Müdigkeitsunfällen im Straßenverkehr, *GDV*, 1-8.
4. Kenny, P.J. 1995, The interaction between driver impairment and road design in the causation of road crashes- three case studies. In: L. Hartley (Hrsg.), *Driver impairment, driver fatigue and driving simulation*, London: Taylor & Francis, S. 87-94.
5. Lyznicki, J.M., Doege, T.C., Davis, R.M. & Williams, M.A. 1998, Sleepiness, driving and motor vehicle crashes, *Journal of the American Medical Association*, 279, 1908-1913.
6. McBain, W. 1970, Arousal, monotony and accidents in line with driving, *Journal of Applied Psychology*, 54, 509-519.
7. Nelson, T.M. 1997, Fatigue, mindset and ecology in the hazard dominant environment, *Accident Analysis and Prevention*, 29, 409-415.
8. Niederl, T. 2007, Untersuchungen zu kumulativen psychischen und physiologischen Effekten des fliegenden Personals auf der Kurzstrecke, *DLR-Forschungsbericht 2007-17*. Köln: Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, Institut für Luft- und Raumfahrtmedizin.  
Reitter, C. 2001, Beanspruchung des Autofahrers durch Monotonie, Dissertation. Berlin: Technische Universität Berlin.
9. Schmidtke, H. 1965, *Die Ermüdung. Symptome, Theorien, Messversuche*. Bern: Huber.
10. Schramm, T., Fuchs, K., Wagner, N. & Bruder, R. 2009, Driver Behaviour in a monotonous Environment – a Test Track Study. In: 16th ITS World Congress, Stockholm, Schweden, PaperID 2950.
11. Wierwille, W.W. & Ellsworth, L.A. 1994, Evaluation of driver drowsiness by trained raters, *Accident Analysis and Prevention*, 26, 571-578.

# Probandenstudie zur Ermittlung der Adequate Overtaking Margin (AOM) für die Fahrerassistenz in Überholsituationen

Andree HOHM und Hermann WINNER

*Fachgebiet Fahrzeugtechnik, Technische Universität Darmstadt,  
Petersenstraße 30, D-64287 Darmstadt*

**Kurzfassung:** Unfälle bei Überholvorgängen auf Landstraßen sind Ursache einer großen Zahl von Todesopfern und Schwerverletzten. Daher wird ein Fahrerassistenzsystem entwickelt, das den Fahrer bei Beginn eines gefährlichen Überholmanövers warnt. In dieser Publikation werden Ergebnisse aus Probandenversuchen vorgestellt, die die Auslegung eines solchen Systems für eine maximale Fahrerakzeptanz ermöglichen.

**Schlüsselwörter:** Fahrerassistenz, Probandenstudie, Überholen.

## 1. Einleitung

### 1.1 Motivation

Eine wichtige Unfallursache für sehr schwer verlaufende Unfälle wurde bisher noch nicht von Fahrerassistenzsystemen adressiert: die Zusammenstöße mit Gegenverkehr in Überholsituationen. Zahlreiche Literaturquellen weisen auf die Notwendigkeit eines solchen Systems für den Einsatz bei Überholmanövern hin, da das menschliche Wahrnehmungssystem für objektive Überholentscheidungen offenbar nur unzureichend leistungsfähig ist (z. B. Leutzbach 1988).

### 1.2 Fahrerassistenzsystem für Überholsituationen

Um Fehleinschätzungen bei Überholentscheidungen zu korrigieren, hat sich die Forschungskooperation PRORETA ([www.proreta.de](http://www.proreta.de)) der Technischen Universität Darmstadt und CONTINENTAL zum Ziel gesetzt, ein Fahrerassistenzsystem zu entwickeln, das den Autofahrer in der anspruchsvollen Aufgabe der Durchführung von Überholmanövern unterstützt (Mannale 2009). Der Einsatz eines solchen Systems soll erreichen, dass sich gefährliche Situationen bereits am Überholbeginn erkennen lassen und so ein Unfall schon im Überholansatz vermieden wird. Das bereits realisierte Prototypenfahrzeug erkennt durch einen Radarsensor Position und Geschwindigkeit des zu überholenden Fahrzeugs sowie des Gegenverkehrs. Wenn der Fahrer einen Überholvorgang beginnt, kann das System kann unter anderem auf Basis dieser Umfelddaten eine Prädiktion durchführen, ob das Manöver gefährlich ist. Wenn dies der Fall ist, wird der Fahrer über visuelle, auditive und haptische (Force-Feedback-Pedal) Signale zum Beenden des Manövers aufgefordert. Dies geschieht zu einem möglichst frühen Manöverzeitpunkt, zu dem das entsprechende Gefahrenniveau noch gering ist.

### 1.3 Parameter zur Systemauslegung

Beim Beenden eines Überholmanövers unter der Beteiligung von Gegenverkehr

ergibt sich eine bestimmte zeitliche Lücke zwischen dem Überholer und dem entgegenkommenden Fahrzeug: Diese quantifiziert die Dauer bis die Vorderkanten beider Fahrzeuge die gleiche longitudinale Position entlang der Straße erreichen. In dieser Arbeit wird diese Zeitlücke als Overtaking Margin (OM) bezeichnet und kann als Sicherheitsparameter interpretiert werden. Wird dieser Wert zum Zeitpunkt des Überhol-Endes negativ, ist eine Kollision der beiden Fahrzeuge wahrscheinlich. Dennoch wird ein Autofahrer nicht jeden Überholvorgang als akzeptabel bewerten, der einen  $OM > 0$  aufweist, da sehr kleine Werte an dieser Stelle offenbar zu einem deutlichen Gefahreneindruck führen. Aus dieser Betrachtung ergibt sich die Folgerung, dass die OM - um hier eine breite Akzeptanz zu erreichen - über einem bestimmten Grenzwert liegen muss. Andererseits darf die OM nicht zu groß sein, damit eine evtl. Warnung als unangemessen bewertet wird, weil der Fahrer die Überholssituation als gefahrlos einschätzt. Hieraus ergibt sich die Forderung nach einer Obergrenze des OM. Das Ziel der Untersuchungen in dieser Arbeit ist die Ermittlung dieser beiden wichtigen Parameter, um eine valide Auslegung eines Überholassistentensystems zu ermöglichen. Das Intervall zwischen diesen beiden Werten wird als Adequate Overtaking Margin (AOM) bezeichnet. Ein weiterer wichtiger Parameter zur Durchführung der Prädiktion einer Überholmöglichkeit durch ein Überholassistentensystem ist der minimale Einschereabstand zum überholten Fahrzeug beim Wiedereinscheren auf den eigenen Fahrstreifen zum Überhol-Ende. Zur Ermittlung gültiger Werte für die dargestellten Parameter wurden ausführliche Untersuchungen mit einer Probandengruppe von 24 Personen durchgeführt.

Zur Größenordnung, in der diese Parameter liegen, existieren bereits einige Untersuchungen, die hierzu Hinweise geben können, beispielsweise Fahrsimulatorstudien (Hegeman 2008), Probandenversuche auf Teststrecken (Crawford 1963) und Beobachtungen des unbeeinflussten Straßenverkehrs (Durth 1986). Keine dieser Publikationen liefert jedoch valide Grenzwerte, die zur optimalen Wahl der hier erläuterten Parameter dienen können.

## 2. Methodik

Die Testpersonen wurden nach Geschlecht, Alter und Fahrerfahrung zusammengestellt, um eine Stichprobe zu erhalten, bei der die Ausprägungen bei diesen Kriterien zur Vermeidung von Bias-Effekten eine ungefähre Gleichgewichtung aufweisen. Die Kriterien wurde mit drei Altersklassen, (unter 30, 30-50, > 50 Jahre), zwei Klassen für Fahrpraxis (Schwellwert: 20.000 km/a) und zwei Geschlechtsklassen. Mit zwei Repräsentanten pro möglicher Permutation ergibt sich eine benötigte Probandenzahl von 24. Das Versuchsfahrzeug war mit einem Radar-Sensor sowie einer Videokamera ausgestattet, somit war neben der Ermittlung des korrekten Zeitpunktes des Wiedereinscherens die Erfassung von Position und Geschwindigkeit von Gegenverkehrsfahrzeugen zu diesem Zeitpunkt möglich, die entsprechende Messtechnik wurde von einem Versuchsleiter bedient, der im Fond des Probandenfahrzeuges mitfuhr und gleichfalls zur Übermittlung der Anweisungen zuständig war. Jeder Proband unterzog sich nach einer 20 minütigen Gewöhnungsphase an die Fahrzeugcharakteristik zahlreichen Versuchsfahrten im Rahmen der folgenden drei Experimente:

### 2.1 Experiment 1: Minimum Overtaking Margin (Untere Schranke AOM)

Im Experiment 1 erhielten die Testpersonen die Anweisung, nach der Folgefahrt

mit einem zu überholenden Fahrzeug an einer bestimmten Streckenmarkierung zu überholen und anschließend dem auftretendem Gegenverkehr auf dem linken Fahrstreifen entgegenzufahren. Beim Eindruck drohender Gefährdung sollte wieder auf den rechten Streifen gewechselt werden. Ziel der Versuche war die Ermittlung des geringsten zeitlichen Abstandes zu auftretendem Gegenverkehr während einer Überholssituation. Die Geschwindigkeit des zu überholenden Fahrzeuges wurde mit 80 km/h gewählt. Um später einen ggf. existierenden Einfluss der Geschwindigkeit des entgegenkommenden Fahrzeuges ermitteln zu können, wurde die Geschwindigkeit des entgegenkommenden Fahrzeuges zwischen 60 und 100 km/h wechselweise verändert. Als Kenngrößen wurden Abstand und Relativgeschwindigkeit zwischen Probandenfahrzeug und dem Gegenverkehrsfahrzeug zum Manöverende bestimmt, also zu dem Zeitpunkt, zu dem das überholende Fahrzeug wieder vollständig in den eigenen Fahrstreifen eingeschert ist.

## *2.2 Experiment 2: Maximum Overtaking Margin (Obere Schranke AOM)*

Das Experiment 2 zeigt eine ähnliche Startaufstellung wie bei Experiment 1, mit dem Unterschied, dass der Überholbeginn durch eine entsprechende Aufforderung des Versuchsleiters erfolgt. Das Überholmanöver soll vom Proband jedoch nur dann durchgeführt werden, wenn dieser die Situation als „absolut ungefährlich“ einstuft, andernfalls soll keine Reaktion auf die Überholaufforderung erfolgen. Der Versuchsleiter versucht in den Versuchsfahrten die Aufforderung zu einem Zeitpunkt zu treffen, bei dem die Unentschlossenheit des Probanden ihr Maximum erreicht. Vergleichbar zu Experiment 1 wurden auch hier Relativgeschwindigkeit und Abstand zum Gegenverkehr zum Zeitpunkt des Überholendes aufgezeichnet, die Geschwindigkeit des Gegenverkehrs liegt bei allen Fahrten bei 100 km/h. Der Versuch wurde solange wiederholt, bis jeweils mindestens fünf Versuche eines durchgeführten bzw. nicht durchgeführten Überholvorganges erfolgten.

## *2.3 Experiment 3: Minimaler Einscherabstand*

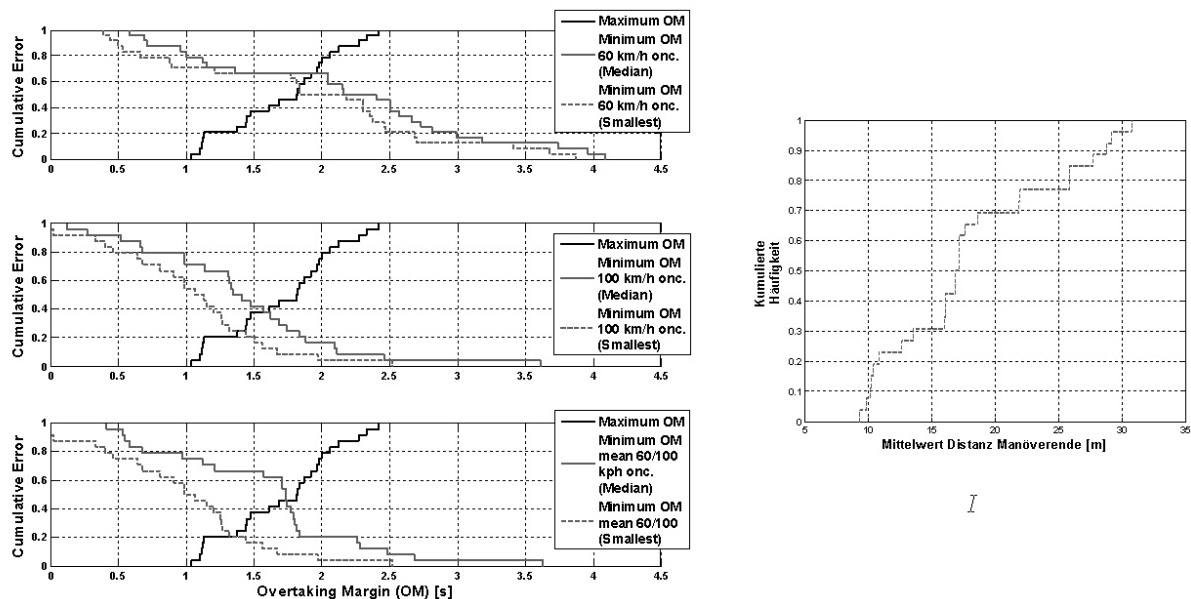
In diesem Szenario, das keinen Gegenverkehr beinhaltet, wird der Proband angewiesen, nach Aufnahme einer Folgefahrt zu einem zu überholenden Fahrzeug (80 km/h) den Überholvorgang beim Erreichen einer bestimmten Markierung auf der Fahrbahn zu beginnen. Das Wiedereinscheren soll dabei so knapp wie möglich erfolgen, jedoch so, dass der Fahrer des überholten Fahrzeuges nicht gefährdet oder belästigt wird. Aufgezeichnet wird die Distanz beider Fahrzeuge zum Überhol-Ende. Jeder Proband führt fünf Versuchsfahrten durch.

## **3. Ergebnisdarstellung und Zusammenfassung**

Die Ergebnisse aus den beschriebenen Experimenten 1 und 2 sind auf der linken Seite von Abbildung 1 dargestellt: In den 3 Plots sind für das Experiment 1 (Minimum OM) jeweils die kumulierten Häufigkeiten des Medians der gemessenen OM zum Ende des gezeigt. Deutlich zu erkennen ist, dass der OM bei niedriger Gegenverkehrsgeschwindigkeit zu höheren Werten tendiert. Der Grund hierfür ist wahrscheinlich in der unzureichenden Wahrnehmung dieses Geschwindigkeitswertes zu finden, die Probanden nehmen offenbar hier eine höhere Geschwindigkeit des entgegenkommenden Fahrzeuges an, obschon dies im Versuch nicht der Fall ist. Der Verlauf



der Kurve für Experiment 2 zeigt jeweils die Häufigkeiten des geringsten gemessenen Wertes aus allen Versuchen pro Proband (Maximum OM) und ist bei allen 3 Graphen identisch (Geschwindigkeit Gegenverkehr: 100 km/h).



**Abbildung 1:** Ergebnisse der Versuche zum maximalen bzw. minimalen OM (links) und des minimalen Einscherabstandes (rechts)

Es ist zu erkennen, dass alle drei Kurven einen Schnittpunkt aufweisen. Der auf Grundlage dieser Resultate zu wählende Wert muss durch eine individuell festzulegende Präferenz bzgl. tolerierbarer Fehler hinsichtlich False-Positive bzw. False-Negative-Effekten gefunden werden. Ein nach Ansicht der Autoren naheliegender Ansatz liegt in der Wahl des Schnittpunkts beider Fehler-Graphen, für den realistischen Bereich 100 km/h liegt der AOM in diesem Fall bei ca. 1.6 s (Median für Versuch 1) bzw. 1.4 s (Minimalwerte für Versuch 1). Der Anteil der Probanden, bei denen Versuch 1 einen höheren Wert erreichten als bei Versuch 2 aufwiesen, liegt bei etwa 20 %. Die Häufigkeitsverteilung der Ergebnisse aus Experiment 3 ist Abbildung 1 rechts zu entnehmen.

Mit diesen Werten ist eine quantitative Darstellung der zu erwartenden Effekte für die Parametrierung eines Überholassistentensystems möglich.

#### 4. Literatur

1. Leutzbach, W. & Papavasiliou, V. 1988, Wahrnehmungsbedingungen und sicheres Verhalten im Straßenverkehr, Bericht zum Forschungsprojekt 8306 der Bundesanstalt für Straßenwesen.
2. Mannale, R., Hohm, A., Schmitt, K. & Wojek, C. 2009, PRORETA – Elektronische Fahrerassistenz zur Vermeidung von Überholunfällen, Elektronik im Kraftfahrzeug. Baden-Baden.
3. Crawford, A. 1963, The overtaking driver, *Ergonomics*, 6, 153-170.
4. Durth, W. & Habermehl, K. 1986, Überholvorgänge auf einbahnigen Landstraßen. Forschungsprogramm des Bundesministers für Verkehr und der Forschungsanstalt für Straßen und Verkehrswesen e. V., Nr. 489, Technischer Bericht.
5. Hegeman, G. 2008, Assisted Overtaking, Dissertation. Delft: TU Delft.



# Fahrsimulatorstudie zur Untersuchung der Ausgabe von Hilfeinformationen für die Bedienung eines menübasierten Fahrzeuginfotainmentsystems

Günter HORNA<sup>2</sup>, Peter OEL<sup>2</sup>, Roland SPIES<sup>1</sup> und Heiner BUBB<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Lehrstuhl für Ergonomie, Technische Universität München,  
Boltzmannstraße 15, D-85747 Garching*

<sup>2</sup> *Volkswagen Konzernforschung, Brieffach 1777, D-38436 Wolfsburg*

**Kurzfassung:** Der folgende Beitrag beschreibt die Fahrsimulatorstudie zur Gestaltung der Ausgabe von Hilfeinformationen. Ziel ist die komfortable und sichere Unterstützung von Nutzern bei der haptischen Interaktion mit Fahrzeuginfotainmentsystemen, insbesondere in Dual-Task-Situationen. Dafür werden zwei Varianten einer monomodalen, rein visuellen Informationsdarstellung (Hilfetext und grafisch animierter Hinweis) in Kombination mit einer zusätzlichen Sprachausgabe (gleichzeitig und zeitversetzt) verglichen. Im Anschluss an die Vorstellung der Hypothesen und des Versuchsdesigns wird im Ergebnisteil der Vorteil einer multimodalen Ausgabe von Hilfeinformationen in Form eines grafisch animierten Bedienhinweises und gleichzeitiger Sprachausgabe gezeigt.

**Schlüsselwörter:** Hilfeinformation, visuelle Informationsdarstellung, Sprachausgabe.

## 1. Einleitung und Motivation

Bedienungsanleitungen aktueller Fahrzeuginfotainmentsysteme sind immer öfter als elektronisches Bordbuch, d.h. als integraler Bestandteil des Infotainmentsystems ausgeführt. Sie enthalten explizite Erläuterungen von Bedienabläufen und Schrittfolgen für die Bedienung bestimmter Funktionen (Marrenbach et al. 2000). Die Hilfeinformationen liegen zentralisiert als textbasierte Handlungsbeschreibungen in einem Hilfemenü vor, wodurch Zusammenhänge zunächst im elektronischen Bordbuch nachgelesen und anschließend an anderer Menüposition wiedererkannt und umgesetzt werden müssen. Dieser Transferprozess bedeutet einen Umkodieraufwand bei der Informationsverarbeitung und stellt damit einen zusätzlichen mentalen Aufwand dar. Zur Gewährleistung einer möglichst komfortablen und sicheren Bedienung von Fahrzeuginfotainmentsystemen auch bei unvollständigem Systemwissen, sind dem Nutzer Hilfeinformationen jedoch in einer Weise zu präsentieren, welche möglichst geringen mentalen Aufwand und Ablenkungspotenzial von der Fahraufgabe verursacht.

## 2. Konzept und Hypothesen

Die angestrebte Verringerung des mentalen Aufwandes beim Nutzen der Hilfe kann durch eine Aufteilung der vollständigen Handlungsbeschreibungen in kleinere Informationsbausteine erreicht werden. Die gewünschten Informationen lassen sich somit als bedienbegleitende, interaktive Schritt-für-Schritt-Anleitung präsentieren,

wodurch der Transfer zwischen Aneignung und Anwendung von Systemwissen erleichtert wird. Die Präsentation dieser Informationsbausteine, bzw. Bedienhinweise, erfolgt dabei multimodal über die visuellen und auditiven Ausgabekanäle des Infotainmentsystems. Unter Berücksichtigung der im Fahrzeug geltenden Rahmenbedingungen sind prinzipiell zwei Varianten für eine visuelle Darstellung der Hilfeinformation möglich: Bedienhinweise können dabei als Hilfetext („Drücken Sie Knopf A.“) am unteren Bildschirmrand oder als grafisch animierte Hervorhebung des für den nächsten Bedienschnitt relevanten Bildelementes (Widget) selbst (Knopf A) dargestellt werden. Durch die Hervorhebung des relevanten Widgets wird die Hilfeinformation ortskodiert angeboten, weshalb kein Lesen erforderlich ist und die visuelle Suche verkürzt wird. Dies führt zu einer Beschleunigung von Informationsaufnahme- und Verarbeitungsprozessen.

Beide Formen der visuellen Darstellung können mit einer zeitgleichen oder zeitversetzten auditiven Ausgabe zu einer multimodalen Informationsausgabe kombiniert werden. Dabei wird per Sprachausgabe vermittelt, welches Widget mit welchem Bedienelement in welcher Weise zu bedienen ist. Nach Wickens Modell der multiplen Ressourcen, ist die Aufnahme dieser auditiven Informationen parallel zur visuellen Fahraufgabe besser zu bewältigen als eine rein visuelle Informationsdarstellung (Wickens 1984). Untersuchungen im Single-Task haben in diesem Zusammenhang jedoch gezeigt, dass die zeitgleiche Ausgabe identischer Hilfeinformationen in mehreren Modalitäten im Vergleich zur zeitversetzten Ausgabe größeren mentalen Aufwand verursachen kann (Kalyuga 2000).

Stellt die Hilfeanfrage einen Reiz und die Ausgabe von Hilfeinformationen die zugehörige Systemreaktion dar, sollten die Modalitäten von Hilfeanfrage und –ausgabe zueinander kompatibel sein, um die Bearbeitungsleistung nicht unnötig zu beeinträchtigen (Schmidtke & Rühmann 1993).

Die angeführten Überlegungen führen zu den in Abbildung 1 dargestellten Hypothesen, welche in zwei Teilversuchen der Fahrsimulatorstudie geprüft werden.

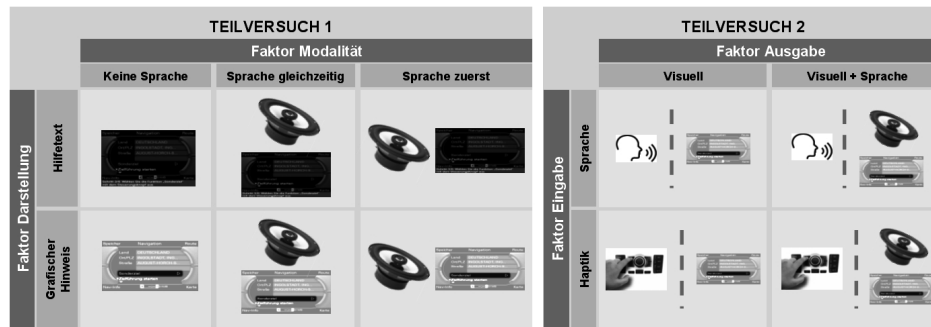
Teilversuch 1	1	Eine Hervorhebung des relevanten Widgets lenkt weniger von der Fahraufgabe ab als ein Hilfetext.
	2	Eine zusätzliche Sprachausgabe der Hilfeinformationen führt zu einer Entlastung des visuellen Kanals.
	3	Eine zeitversetzte Ausgabe auditiver und visueller Hilfeinformationen verursacht geringeren mentalen Aufwand als eine parallele Ausgabe.
Teilversuch 2	4	Entsprechen die Modalitäten für Hilfeingabe und Hilfeausgabe einander, verringert sich der mentale Aufwand bei der Bearbeitung.

**Abbildung 1:** Zuordnung der zu prüfenden Hypothesen zu den beiden Teilversuchen der Studie

### 3. Versuchsdesign

Die Thesen wurden in einer Studie im statischen Fahrsimulator mit 35 Volkswagen Mitarbeitern (23 M, 12 F,  $M=38,1$  Jahre,  $sd=6,51$  Jahre) geprüft. Als Fahraufgabe dient eine Folgefahrt (90km/h) mit möglichst konstantem Abstand auf einer Landstraße. In der Nebenaufgabe sind Infotainmentaufgaben mit Hilfe der verschiedenen Bedienhinweise anhand einer interaktiven Bedienkonzeptsimulation zu bearbeiten (z.B. Klangeinstellungen verändern, Fahrgestellnummer abrufen). Als abhängige Variable werden Bedien-, Fahr- und Blickkennwerte sowie subjektive Bewertungen erhoben. Zur Kontrolle von Lerneffekten wird mit der Ausprägung der Bedienhinweise

auch die mit dem entsprechenden Hinweis zu bearbeitende Infotainmentaufgabe variiert. Um hierbei einen Einfluss der unterschiedlichen Aufgaben auszuschließen, wurden im Rahmen einer Voruntersuchung mit dem Lane-Change-Task zehn Aufgaben ermittelt, welche keine statistisch bedeutsamen Unterschiede in Fahrperformance und subjektiver Bearbeitungsschwierigkeit aufweisen. Abbildung 2 zeigt die Zellpläne für die beiden Teilversuche der Fahrsimulatorstudie.



**Abbildung 2:** Stufungen der Faktoren in den Teilversuchen 1 und 2

In Teilversuch 1 werden Bedienhinweise mit verschiedenen Kombinationen visueller und auditiver Informationsausgaben untersucht. Hierfür wird ein 2x3 within-subject Design mit Messwiederholung auf den beiden Faktoren Modalität und Darstellung verwendet. Um den Einfluss möglichen Vorwissens auszuschließen, sind die Versuchspersonen aufgefordert, die ihnen unbekannten Aufgaben ausschließlich mit Hilfe der Bedienhinweise zu bearbeiten. Der Einfluss der Übereinstimmung von Eingabe – und Ausgabemodalität auf die Bearbeitungsleistung wird in Teilversuch 2 mit einem 2x2 within-subject Design mit Messwiederholung auf den Faktoren Hilfeeingabe und Hilfeausgabe geprüft. Vor jeder Aufgabe ist hier von den Probanden zunächst eine Hilfeanfrage in Form einer Stichwortsuche nach einem definierten Suchbegriff in den Modalitäten Sprache oder Haptik durchzuführen. Im Rahmen der Untersuchung wird die fehlerfreie Identifikation des jeweiligen Bedienwunsches als gegeben vorausgesetzt. Zur Kontrolle von Reihenfolgeeffekten werden die Aufgaben innerhalb der beiden Teilversuche permutiert.

## 4. Ergebnisse

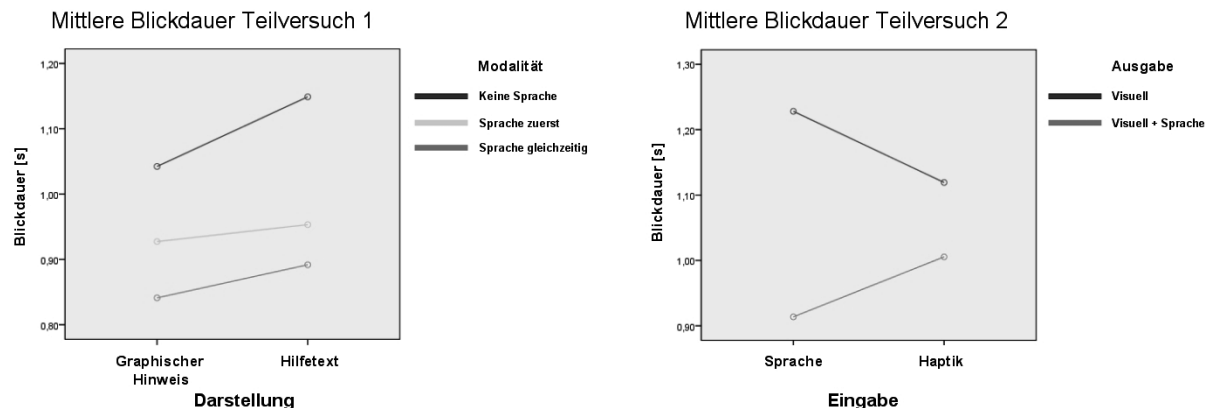
Stellvertretend für die in der Studie beobachteten Effekte sind in Abbildung 3 die Vergleiche der mittleren Blickdauern für beide Teilversuche dargestellt, da sich hieraus Rückschlüsse auf Informationsaufnahme und -verarbeitungsprozesse und damit auf den mentalen Aufwand des Nutzers ziehen lassen (Rötting 2001).

Im Teilversuch 1 zeigt sich für die unterschiedlichen Kombinationen auditiver und visueller Informationsausgabe ein signifikanter Einfluss der Darstellung ( $df=1$ ;  $F=6,889$ ;  $p=.013$ ) und der Modalität ( $df=2$ ;  $F=34,638$ ;  $p<.001$ ). Es kann festgestellt werden, dass die Informationsausgabe als grafisch animierter Hinweis kürzere mittlere Blickdauern aufweist als dies für den Hilfetext der Fall ist. Hypothese 1 ist damit verifiziert. These 2 folgend, zeigen sich bei einer zusätzlichen Sprachausgabe gegenüber der monomodalen Darstellung signifikant kürzere Blickabwendungen.

Die dadurch verminderte visuelle Ablenkung wirkt sich auch positiv auf die Fahrperformance und die subjektive Bearbeitungsschwierigkeit aus.

Bezogen auf die Blickabwendung lässt sich jedoch kein signifikanter Vorteil einer

zeitversetzten gegenüber einer gleichzeitigen Ausgabe visueller und auditiver Informationen beobachten, weshalb Hypothese 3 nicht bestätigt werden kann.



**Abbildung 3:** Mittlere Blickdauern auf die Nebenaufgabe [s] für die Teilversuche 1 und 2 (N=35)

Der in Teilversuch 2 erkennbare Einfluss der Hilfeausgabe ( $df=1$ ;  $F=40,434$ ;  $p<.001$ ) auf die mittlere Blickdauer zeigt, dass Informationen unabhängig von der Modalität der Hilfeanfrage (Eingabe) stets in Verbindung mit Sprache ausgegeben werden sollten. Die positive Wirkung einer Sprachausgabe überlagert dabei die Nachteile geringerer Kompatibilität von Ein- und Ausgabemodalität. Erfolgen sowohl Ein- als auch Ausgabe mit Sprache, lassen sich gegenüber einer haptischen Eingabe signifikant geringere Blickabwendungszeiten erzielen ( $p=.011$ ). Demzufolge kann Hypothese 4 nur für die Stufe Sprache des Faktors Eingabe verifiziert werden.

Die getroffenen Aussagen werden durch die Fahr- und Bedienkennwerte sowie die subjektiven Bewertungen untermauert.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass Hilfeinformationen in einer Schritt-für-Schritt-Anleitung wenn möglich als grafische Hervorhebung des jeweils relevanten Bildelementes verbunden mit einer gleichzeitigen Sprachausgabe ausgegeben werden sollten. Dies gilt insbesondere dann, wenn die Hilfeanfrage per Sprache erfolgt ist.

## 5. Literatur

1. Kalyuga, S. 2000, When using sound with a text or a picture is not beneficial for learning, Australian Journal of Educational Technology, 16, 161-172.
2. Marrenbach, J., Kraiss, K.-F., Hahn, W. & Bengler, K. 2000, Entwicklung und Evaluierung einer multimedialen Betriebsanleitung für Kfz-Bordsysteme. In: K.-P. Gärtner (Hrsg.), Multimodale Interaktion im Bereich der Fahrzeug- und Prozessführung, Volume 2. Bonn: Deutsche Gesellschaft für Luft- und Raumfahrt e.V., S. 139-159.
3. Rötting, M. 2001, Parametersystematik der Augen- und Blickbewegungen für arbeitswissenschaftliche Untersuchungen, Dissertation. Aachen: RWTH Aachen.
4. Schmidtke, H. & Rühmann, H. 1993, Betriebsmittelgestaltung. In: H. Schmidtke (Hrsg.), Ergonomie, 3. Auflage, Kapitel 6.6. München: Carl Hanser Verlag, S. 521-554.
5. Wickens, C.D. 1984, Engineering Psychology and Human Performance. Columbus: Merrill.

# Parametrierung eines Schalterpunkthinweises am aktiven Gaspedal und Bestimmung des Potentials zur Verbrauchsreduzierung

Christian LANGE<sup>1</sup>, Gregor SCHMITT<sup>2</sup>, Antonio ARCATI<sup>2</sup>, Klaus BENGLER<sup>1</sup>  
und Heiner BUBB<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Lehrstuhl für Ergonomie, Technische Universität München,  
Boltzmannstraße 15, D-85747 Garching*

<sup>2</sup> *Continental Automotive GmbH,  
Siemensstraße 12, D-93055 Regensburg*

**Kurzfassung:** Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit der Parametrierung einer haptischen Schalterpunktanzeige sowie mit der Bestimmung des Potentials zur Verbrauchsreduzierung durch diesen diskreten haptischen Schalterpunkthinweis am aktiven Gaspedal. Bei dieser Form der Schalterpunktanzeige wird dem Fahrer mittels einer haptischen Ausgabe am aktiven Gaspedal mitgeteilt, wann er nach oben bzw. nach unten schalten soll. Die Arbeit untergliedert sich dabei in zwei Schritte. Im ersten Schritt wird durch einen Vorversuch aus acht möglichen haptischen Schalterpunktanzeigen die intuitivste und am stärksten akzeptierte ausgewählt. Im zweiten Schritt wird im Rahmen des Hauptversuches diese Variante dann hinsichtlich ihres Potentials zur Verbrauchsreduzierung näher untersucht.

**Schlüsselwörter:** Fahrerassistenz, Aktives Gaspedal, Fahrerakzeptanz, Ökologie.

## 1. Einleitung

Neben der Erhöhung der aktiven Sicherheit sollten zukünftige Fahrerassistenzsysteme auch in der Lage sein, den Fahrer bei einer kraftstoffsparenden Fahrweise zu unterstützen und somit den CO<sub>2</sub> Ausstoß nachhaltig zu reduzieren.

Die vorliegende Arbeit stellt das Konzept des diskreten Schalterpunkthinweises am aktiven Gaspedal vor und weist den positiven Einfluss dieser Assistenz auf das Fahrerverhalten und den Kraftstoffverbrauch nach.

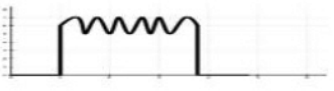
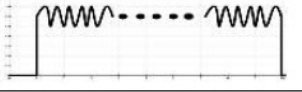

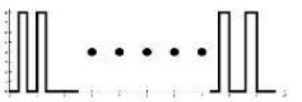
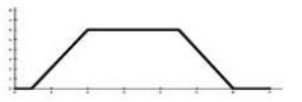

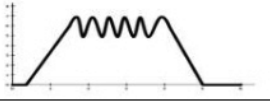
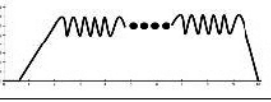
## 2. Vorversuch

Der Vorversuch dient zur Bestimmung der Intuitivität und des Gefallens von acht verschiedenen haptischen Schalterpunktanzeigen. Diese acht Varianten zur Signalisierung eines Gangwechsels sind in der nachstehenden Tabelle 1 dargestellt.

Diese acht Varianten werden im Vorfeld der Voruntersuchung von sechs Experten hinsichtlich der Parameter „Gegenkraft“, „Frequenz“ und „Amplitude“ parametrieren. Dabei sind die Experten mit einem BMW 530i gefahren, der mit dem aktiven Gaspedal ausgestattet war. Vom Versuchsleiter wurden „online“ die Parameter so lange angepasst, bis der Experte mit der Parametrierung zufrieden war. Als Parametrierung für die Variantenauswahl wurde der Mittelwert über die Gesamtheit der Expertenparameter verwendet.



**Tabelle 1:** Übersicht über die 8 haptischen Schalterpunktanzeigen im Vorversuch

Vibration für 2s	
Dauervibration	
Doppelticken 3-fach wiederholt mit einem Abstand von 3s zwischen den Doppelticks	
Dauerhaftes Doppelticken mit einem Abstand von 3s zwischen den Doppelticks	
Gegendruck für 2s	
Dauergegendruck	
Gegendruck mit überlagerter Vibration für 2s	
Dauergegendruck mit überlagerter Vibration	

Für den Vorversuch, der ebenso mit dem BMW 530i mit dem darin verbauten aktiven Gaspedal gefahren wird, stehen die vorab aufgeführten acht Varianten zur Auswahl. Der Versuchsleiter kann mittels einer Steuersoftware zwischen den Versuchsvarianten umschalten, wodurch sich entsprechend das Verhalten des aktiven Gaspedals ändert.

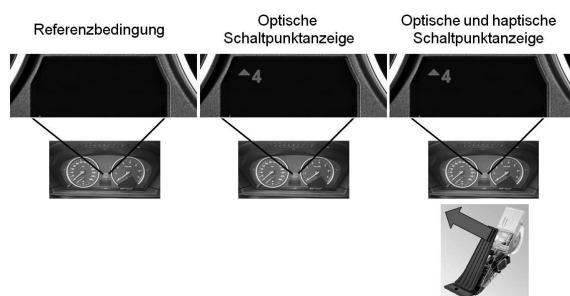
Im Rahmen des Vorversuches werden die acht verschiedenen Varianten von 12 Probanden bewertet, die jede der Varianten für ca. 15 Minuten interaktiv erleben. Nach den jeweils 15 Minuten Fahrt beurteilen die Probanden die verschiedenen Varianten auf einem Fragebogen hinsichtlich des Gefallens- und Akzeptanzaspektes sowie bzgl. ihrer Eignung für einen Schalterpunktthinweis. Es zeigt sich, dass das „Doppelticken“ in beiden Ausprägungen die mit Abstand besten Werte erzielt. Danach folgen mit großem Abstand die Vibration (2s und dauerhaft), der Gegendruck (2s und dauerhaft) und die Kombination aus Gegendruck und Vibration (2s und dauerhaft). Das Doppelticken ist somit die Variante, die im Hauptversuch näher untersucht wird.

### 3. Hauptversuch

Im Rahmen des Hauptversuches zur Bestimmung des Einflusses der haptischen Schalterpunktanzeige wurden in einem Realversuch drei unterschiedliche Versuchsbedingungen miteinander verglichen. Die Variante „Referenzbedingung“ stellt dabei das ganz normale Fahren ohne Schalterpunktassistent dar. Bei der Versuchsbedingung „optische Schalterpunktanzeige“ wird dem Fahrer über eine Anzeige im Kombiinstru-



ment signalisiert, dass er den Gang wechseln soll. Diese Anzeige beinhaltet als Information die Richtung des Gangwechsels (Hoch- oder Runterschalten), sowie den Zielgang und entspricht dem Serienstand eines BMW E60. Bei der „optischen und haptischen Schaltpunktanzeige“ wird der Fahrer zusätzlich zur optischen Ausgabe über das im Vorversuch als sehr intuitiv und am besten gefallende bewertete Doppelticken über einen nötigen Gangwechsel informiert. Die nachstehende Abbildung zeigt die drei im Experiment untersuchten Varianten.



**Abbildung 1:** Die drei Versuchsbedingungen „Referenzbedingung“, „optische Schaltpunktanzeige“ sowie „optische und haptische Schaltpunktanzeige“

Diese drei Varianten werden im Rahmen eines Realversuches von 24 Probanden miteinander verglichen. Als Versuchsfahrzeug kommt wiederum der BMW 530i zum Einsatz. Das Versuchsfahrzeug ist so aufgebaut, dass der Versuchsleiter mittels einer Steuersoftware wieder zwischen den drei Versuchsvarianten umschalten kann. Zudem werden über die Steuersoftware sämtliche relevanten Fahrdynamikdaten wie beispielsweise der Momentanverbrauch, der aktuelle Gang, die Fahrgeschwindigkeit usw. aufgezeichnet. Die Probanden fahren während des Versuchs dreimal die gleiche ca. einstündige Strecke, die sich aus Autobahn-, Landstraßen- und Stadtstreckenanteilen zusammensetzt. Während der drei Fahrten erleben sie die drei verschiedenen Versuchsbedingungen.

Die Auswertung der Messdaten zeigt, wie in Abbildung 2 zu sehen ist, einen sehr positiven Einfluss der „optischen und haptischen“ Schaltpunktanzeige auf den mittleren Kraftstoffverbrauch pro 100km und kann diesen im Vergleich zur Referenzbedingung zur rein optischen Schaltpunktanzeige signifikant um ca. 8% von 8,81 l/100km auf 8,13 l/100km reduzieren. Die bedeutet eine Verringerung des CO<sub>2</sub> Ausstoßes von 15,8 g/km. Dagegen hat die alleinige optische Schaltpunktanzeige keinen Einfluss auf den Kraftstoffverbrauch der Versuchspersonen.

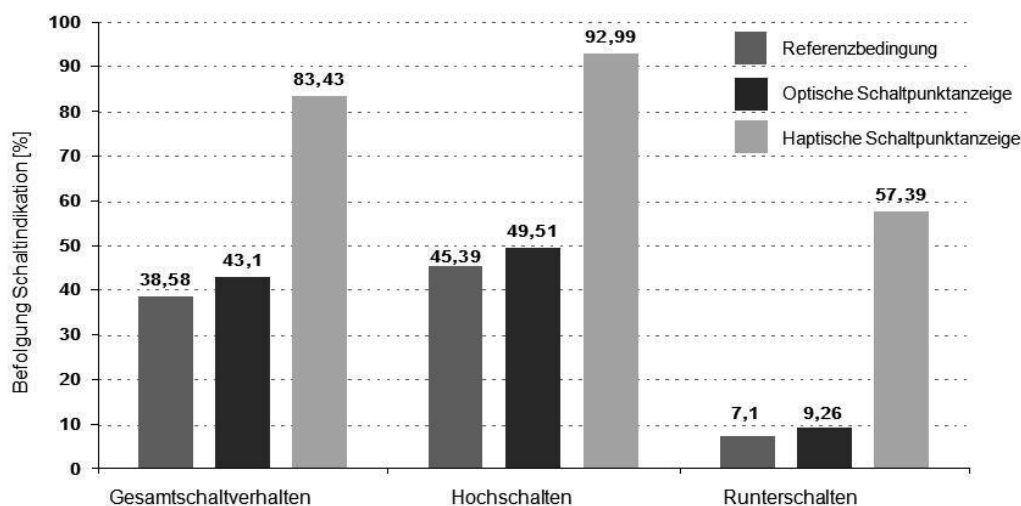


**Abbildung 2:** Mittlerer Kraftstoffverbrauch in Abhängigkeit der drei Versuchsbedingungen

Mittels einer detaillierten Analyse der aufgenommenen Messdaten lässt sich erklären, wie es zu dieser Kraftstoffersparnis kommt. Im Vergleich zur Referenzbedingung und zum Fahren mit der optischen Schaltpunktanzeige kann das Fahrverhalten der

Probanden durch den haptischen Schaltpunkthinweis positiv beeinflusst werden.

Wie in Abbildung 3 gezeigt, befolgen die Probanden den Hinweis am aktiven Gaspedal zum Hochschalten zu fast 93% und den zum Runterschalten immerhin noch in 57% der Fälle. Somit ergibt sich im Mittel für das Gesamtschaltverhalten, das sich aus dem Hoch- und Runterschalten zusammensetzt, eine Befolgung der Schaltpunktanzeige von über 83%. Der Prozentwert der Befolgung bei der Referenzbedingung im Gesamtschaltverhalten ist mit insgesamt 38,58% signifikant geringer. An dieser Stelle muss angemerkt werden, dass bei der Referenzbedingung, bei der die Probanden weder einen optischen noch einen haptischen Hinweis zum Schalten bekommen haben, mitgeloggt wurde, zu welchem Zeitpunkt der Schaltpunktalgorithmus einen Schaltpunkthinweis gegeben hätte. Hat der Proband 1s davor oder innerhalb von 10s nach diesem internen Signal geschaltet, wurde der Schaltpunkthinweis „als befolgt“ bewertet. Betrachtet man die optische Schaltpunktanzeige, so hat diese im Vergleich zur Referenzbedingung keinerlei signifikanten Einfluss auf das Schaltverhalten.



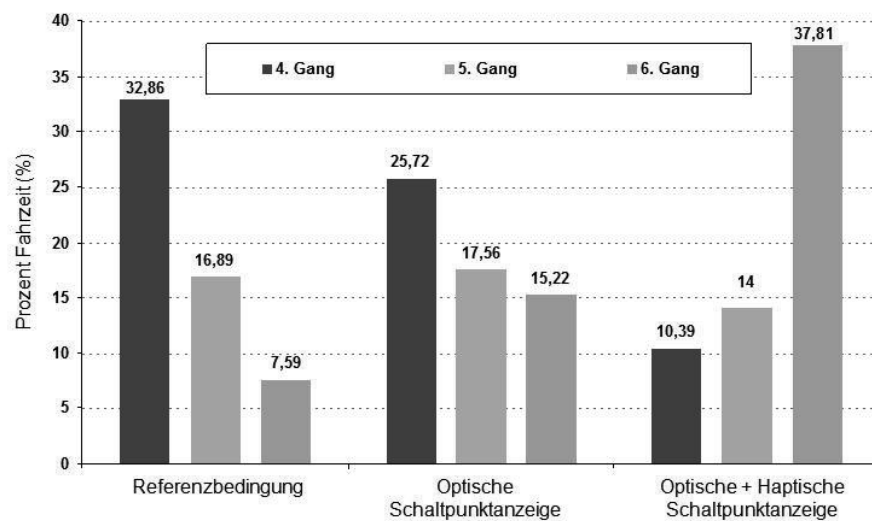
**Abbildung 3:** Durchschnittliche Befolgung der Schaltpunktindikation in Abhängigkeit der drei Versuchsbedingungen

Die Befolgung der Schaltpunkthinweise beim Fahren mit der haptischen Schaltpunktanzeige hat, wie in Abbildung 4 gezeigt, einen deutlichen Einfluss auf die Ausnutzung der oberen Gänge. So fahren die Probanden in der Referenzbedingung nur zu 7,59% der Zeit und mit der optischen Schaltpunktanzeige nur zu 15,22% der Zeit im höchsten 6. Gang. Im Vergleich dazu kann dieser Zeitanteil im kraftstoffsparenden 6. Gang auf 37,81% gesteigert werden.

Neben den deutlichen Vorteilen bei den objektiv erfassten Messwerten zeigt sich auch ein signifikanter Erfolg der haptischen Schaltpunktanzeige bei der subjektiven Gefallensbewertung (siehe hierfür Hassenzahl 2003). Demnach wird die haptische Schaltpunktanzeige im Vergleich zur optischen Indikation als signifikant komfortabler, praktischer, attraktiver, sportlicher, motivierender, einfacher und eleganter empfunden.

Das vorliegende Experiment zeigt somit den positiven Beitrag, den ein haptischer Schaltpunkthinweis zur Reduzierung des Kraftstoffverbrauchs und zur Akzeptanz beitragen kann. Des Weiteren wird zukünftiges Entwicklungspotential zur Verbesserung des haptischen Schaltpunkthinweises sowie zu weiteren Möglichkeiten zur haptischen Unterstützung am aktiven Gaspedal zur Kraftstoffreduktion aufgezeigt. Fer-

ner kann der Kraftstoffverbrauch durch zusätzliche Maßnahmen am aktiven Gaspedal wie eine konstante haptische Unterstützung bei der Geschwindigkeits- und Abstandshaltung weiter gesenkt (siehe Lange 2008; Lange et al. 2006, 2008).



**Abbildung 4:** Ausnutzung der Gänge 4, 5 und 6 in Abhängigkeit der drei Versuchsbedingungen

#### 4. Literatur

1. Hassenzahl, M., Burmester, M. & Koller, F. 2003, AttrakDiff: Ein Fragebogen zur Messung wahrgenommener hedonischer und pragmatischer Qualität. In: J. Ziegler & G. Szwillus (Eds.), Mensch & Computer 2003. Interaktion in Bewegung. Stuttgart: B.G. Teubner, S. 187-196.
2. Lange, C. 2008, Wirkung von Fahrerassistenz auf der Führungsebene in Abhängigkeit der Modalität und des Automatisierungsgrades, Dissertation. München: Technische Universität München.
3. Lange, C., Bubb, H., Tönnis, M. & Klinker G. 2008, Sicherheitspotential und Verbrauchsreduzierung durch ein intelligent geregeltes aktives Gaspedal. In: Tagungsband der 3. Tagung Aktive Sicherheit durch Fahrerassistenz, 7./8. April 2008, Garching.
4. Lange, C., Tönnis, M., Bubb, H. & Klinker G. 2006, Einfluss eines aktiven Gaspedals auf Akzeptanz, Blickverhalten und Fahrperformance, In: Proceedings 22. Internationale VDI/VW Gemeinschaftstagung Integrierte Sicherheit und Fahrerassistenzsysteme, Wolfsburg.



## Objektivierung des Tragekomforts von Sicherheitsgurten

Stephan LORENZ<sup>1</sup>, Andreas LÖCHERER<sup>1</sup>, Marco JOCHMANN<sup>2</sup>,  
Stephan SCHWALD<sup>2</sup>, Christian MERGL<sup>2</sup> und Heiner BUBB<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Lehrstuhl für Ergonomie, Technische Universität München,  
Boltzmannstraße 15, D-85747 Garching*

<sup>2</sup> *AUDI AG, Fahrzeugsicherheit, D-85045 Ingolstadt*

**Kurzfassung:** Der Sicherheitsgurt ist ein wichtiger Bestandteil der passiven Fahrzeugsicherheit. Aufgrund des direkten Kontakts übt er Einfluss auf das Komfortempfinden aus. In einer Probandenstudie wurden Einflussgrößen auf den Gurtragekomfort ermittelt und quantifiziert. Untersucht wurden die Beeinflussung durch die Rückzugskräfte des Gurtsystems und die auftretende körperbezogene Druckverteilung. Für die Rückzugskraft wurde ein Optimalwert gefunden. Sowohl Kräfte unterhalb als auch oberhalb dieses Optimums haben ansteigende Diskomfortwerte zur Folge. Hinsichtlich der Druckverteilung zeigen sich für alle Körperteile signifikante lineare Zusammenhänge zwischen dem Maximaldruck und dem Diskomfort im Körperteil.

**Schlüsselwörter:** Sicherheitsgurt, Gurtragekomfort, Rückzugskraft, Diskomfortwerte.

### 1. Einleitung

Sicherheitsgurte sind auch mit der Weiterentwicklung aktiver und passiver Sicherheitssysteme fundamental für die Senkung des Verletzungsrisikos im Straßenverkehr. Bei der Kollision eines Fahrzeugs mit einem Hindernis treten starke Verzögerungen auf. Aufgabe des Sicherheitsgurtes ist es eine unkontrollierte trägheitsbedingte Bewegung und Kollision des Insassen im Fahrzeug zu verhindern. Der angegurtete Insasse nimmt am Verzögerungsverlauf der Fahrgastzelle teil, der aufgrund von Deformationszonen des Fahrzeugs weniger steil verläuft als im unangegurteten Fall. Außerdem unterstützt der Sicherheitsgurt die Wirkung des Airbags, da er für eine definierte Insassenposition sorgt, auf die das Airbagsystem ausgelegt werden kann.

Die Entwicklung der Sicherheitsgurte war zunächst stark auf die Erhöhung der Sicherheit fixiert. Wichtiger Meilenstein ist die Erfindung des Dreipunkt-Sicherheitsgurtes durch Nils Bohlin im Jahr 1958. Sein statisches Gurtsystem verbesserte die Sicherheit nachhaltig, ohne Gurtaufrollautomatik war es aber noch aufwändig in der Handhabung und stark bewegungseinschränkend. Erst mit der Entwicklung automatischer Gurtaufroller konnte eine selbsttätige Einstellung auf den Insassen und eine verbesserte Bewegungsfreiheit erreicht werden.

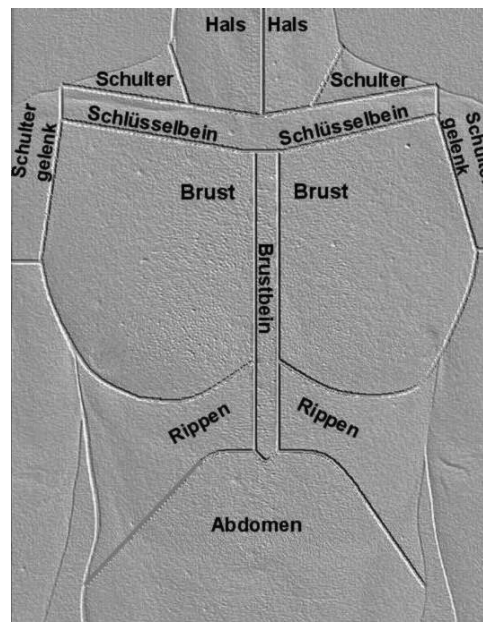
Aufgrund des Kontakts und der funktionalen Anforderungen übt der Sicherheitsgurt Einfluss auf das Komfortempfinden im Fahrzeug aus. Die Entstehung von Diskomfort (siehe auch Zhang et al. 1996) ist durch eine geeignete Gestaltung des Gurtsystems zu verhindern. Analytisch lässt sich eine Beeinflussung des Diskomforts durch die Intensität des Kontakts zwischen Gurt und Körper, durch den Verlauf des Gurtes auf dem Körper sowie durch die Einschränkung der Bewegungsfreiheit ableiten. Die Intensität des Kontakts und die Einschränkung der Bewegungsfreiheit durch den Sicherheitsgurt werden durch die Charakteristik des Gurtaufrollers bestimmt. Der Verlauf des Gurtes auf dem Körper wird durch die relative Lage der Gurtanbindungen

zum Insassen bestimmt.

Ein Gurtsystem mit geringem Gurtragekomfort kann Kundenkritik zu Folge haben und die Bereitschaft zum Anlegen des Sicherheitsgurtes reduzieren. In einer Probandenuntersuchung wurden daher der Einfluss der Rückzugskraft und des Gurtverlaufs auf den Diskomfort näher untersucht.

## 2. Methode

In einem Fahrzeugmockup mit Dreipunktgurt wurden Rückzugskraft und Gurtverlauf hierzu gezielt variiert und von 50 Versuchspersonen hinsichtlich des Diskomforts bewertet. In Anlehnung an Woodson et al. (1980) und ergänzt um eine Diskomfortbefragung stellten sich die Probanden in einem ersten Versuchsteil den Gurt durch freies Positionieren des Gurtumlenkers in eine optimale, für sie komfortable Lage ein. Anschließend wurde die Rückzugskraft im Bereich von 2,5 N bis 20 N variiert. In einem zweiten Versuchsteil wurde die Lage des Gurtes auf dem Körper gezielt verändert. Nach Durchführung von Lenkbewegungen und einer Oberkörperverlagerung zum Öffnen des Handschuhkastens wurde jeweils eine Diskomfortbewertung der Gurtsituation durchgeführt. Auf einer nach oben offenen Skala mit den Ankerpunkten 0 „kein Diskomfort“ und 10 „sehr hoher Diskomfort“ wurde zum einen der Gesamtdiskomfort und zum anderen der körperteilbezogene Diskomfort der jeweiligen Gurtkonfiguration bewertet. Hierzu wurde der Oberkörper in Anlehnung an die Body Map von Corlett & Bishop (1976) und Hartung (2006) gemäß der menschlichen Anatomie in die Bereiche Hals, Schulter, Schultergelenk, Schlüsselbein, Brust, Brustbein, Rippen und Abdomen eingeteilt (siehe Abbildung 1). Als objektive Messgröße wurde der Maximaldruck im jeweiligen Körperteil erfasst (siehe auch Liang et. al. 2003 und Mergl 2006). Dabei fand eine kapazitive Druckmessmatte von XSensor mit einem kalibrierten Messbereich von 1 bis 32 mmHg (0,7 bis 4,3 kPa) Verwendung.



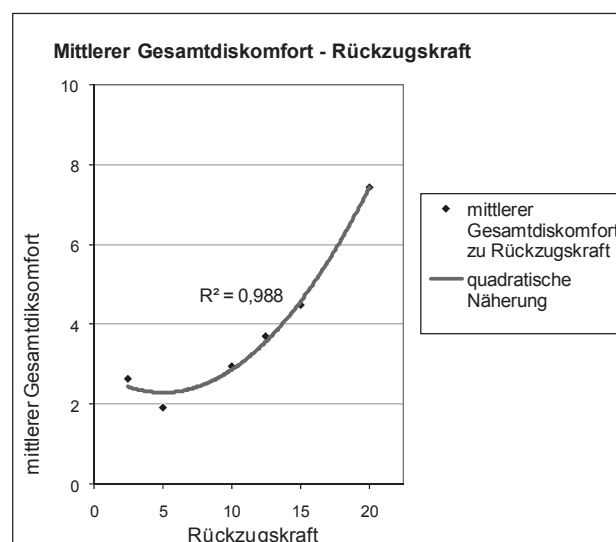
**Abbildung 1:** Verwendete Body Map der Kontaktfläche zwischen Gurt und Oberkörper



### 3. Ergebnisse

#### 3.1 Rückzugskraft

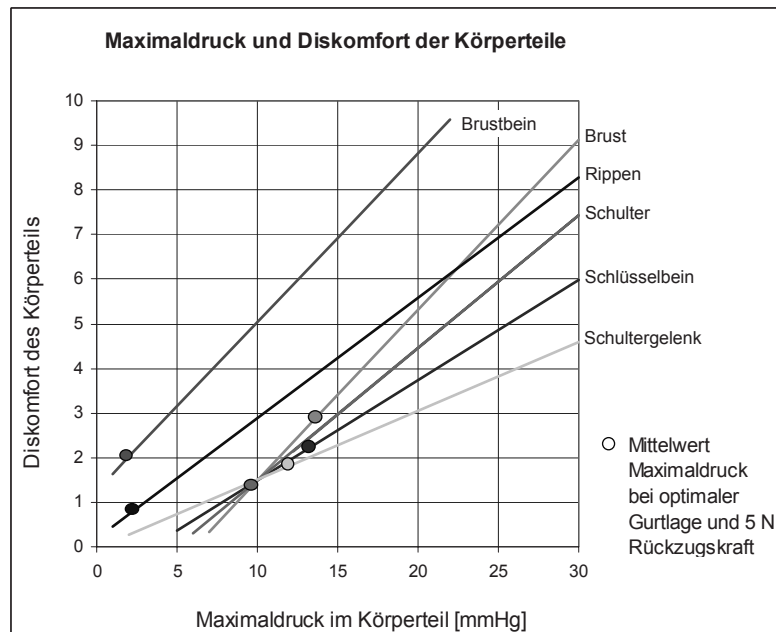
Für die Rückzugskraft zeigt sich für die komfortable Gurtlage aus dem ersten Versuchsteil ein quadratischer Zusammenhang mit dem Gesamtdiskomfort. In Abbildung 2 ist der Verlauf des Gesamtdiskomforts über der Rückzugskraft für alle Probanden gemittelt dargestellt. Ab einer Rückzugskraft von 5 N steigt der Gesamtdiskomfort quadratisch an. Für geringere Rückzugskräfte zeigt sich jedoch ebenfalls ein erhöhter Gesamtdiskomfort. Eine geringe Rückzugskraft des Sicherheitsgurtes im Bereich von 5 N ist demnach optimal. Sehr geringe Rückzugskräfte könnten durch Ablösen des Gurtes bei Oberkörperbewegungen eine Diskomforterhöhung zur Folge haben. Die von den Probanden gewählten Lagen der Gurtumlenker hatten eine optimale Position am Schlüsselbein zwischen Hals und Schultergelenk zur Folge.



**Abbildung 2:** Zusammenhang Gesamtdiskomfort und Rückzugskraft

#### 3.2 Druckverteilung

Für die Auswertung der Druckverteilung wurden die Daten aus beiden Versuchsteilen verwendet. Die Auswertung des Zusammenhangs zwischen Druckverteilung und Diskomfortbewertung der Körperteile erfolgte nach der Methode von Mergl (2006). Zunächst wurde für jeden Probanden einzeln jedes Körperteil auf Basis des Bestimmtheitsmaßes hinsichtlich signifikanter Zusammenhänge zwischen Maximaldruck und Diskomfort geprüft (Signifikanzniveau 5%). Der Anteil an Probanden mit signifikanten Zusammenhang beträgt für die Körperteile Brust 38%, Schultergelenk 35%, Schlüsselbein 34%, Schulter 31%, Brustbein 27% und Rippen 24%. Diese Zusammenhänge sind bis auf einzelne Ausnahmen linear. Allerdings könnte sich bei einem größeren Bereich für die Maximaldrücke auch ein quadratischer Verlauf darstellen. Die signifikanten Näherungsgeraden wurden anschließend in Steigung und Achsenabschnitt gemittelt. Abbildung 3 zeigt die resultierenden Zusammenhänge für die einzelnen Körperteile. Im Diagramm sind die mittleren resultierenden Maximaldrücke bei idealer Gurtanordnung für eine Rückzugskraft von 5 N markiert.



**Abbildung 3:** Zusammenhang zwischen Maximaldruck und körperteilbezogenem Diskomfort

#### 4. Zusammenfassung

Anhand des Zusammenhangs zwischen Diskomfort und Rückzugskraft können abhängig vom akzeptierten Diskomfort ein Zielbereich für die Rückzugskraft und Anforderungen an die Gurtanordnung abgeleitet werden. Eine Rückzugskraft von 5 N führt zu besonders geringem Diskomfort. Der Diskomfort in den Körperteilen der Kontaktfläche mit dem Gurt steigt linear mit dem Maximaldruck im Körperteil. Der Zusammenhang zwischen Druckverteilung und Diskomfort kann als Grundlage für Komfortsimulationen von Sicherheitsgurten verwendet werden.

Mit den Versuchen konnte eine von Mergl (2006) für die Sitzkomfortbewertung entwickelte Methodik auf den Gurtragekomfort übertragen und das Modell zur objektiven Diskomfortbewertung anhand der Druckverteilung auf den Tragekomfort von Sicherheitsgurten erweitert werden.

#### 5. Literatur

1. Corlett, E.N. & Bishop R.P. 1976, A technique for measuring postural discomfort, *Ergonomics*, 9, 175-182.
2. Hartung, J. 2006, Objektivierung des statischen Sitzkomforts auf Fahrzeugsitzen durch die Kontaktkräfte zwischen Mensch und Sitz, Dissertation. München: Technische Universität München, Fakultät für Maschinenwesen.
3. Liang, C., Balci, R. & Vertiz, A. 2003, Safety belt fit, comfort and contact pressure based on upper anchorage location and seat back angle, SAE technical paper series. Detroit, Michigan: Delphi Corporation.
4. Mergl, C. 2006, Entwicklung eines Verfahrens zur Optimierung des Sitzkomforts auf Automobilsitzen, Dissertation. München: Technische Universität München, Fakultät für Maschinenwesen.
5. Woodson, W.E., Selby, P.H. & Coburn, R. 1980, Comfort and convenience specifications for safety belts: shoulder belt fit, pressure and pullout forces, Wissenschaftliche Studie für die NHTSA, Washington.
6. Zhang, L., Helander, M.G. & Drury, C.G. 1996, Identifying Factors of comfort and discomfort in sitting, *Human Factors*, 38, 377-389.

## Ein Zeitkonzept für die Unterstützung vorausschauenden Fahrens

Darya POPIV<sup>1</sup>, Mariana RAKIC<sup>2</sup>, Klaus BENGLER<sup>1</sup> und Heiner BUBB<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Lehrstuhl für Ergonomie, Technische Universität München, Boltzmannstr. 15, D-85747 Garching*

<sup>2</sup> *BMW Group Forschung und Technik, Hanauer Str. 46, D-80992 München*

**Kurzfassung:** Dieser Artikel konzentriert sich auf die Zeitaspekte von Advanced Driver Assistance Systems (ADAS), die den Antizipationshorizont des Fahrers erweitern und damit das vorausschauende Fahren unterstützen. Das Zeitkonzept basiert auf einer frühen Erkennung von Fahrsituationen durch das System und einem korrekten Aktivierungszeitpunkt der Fahrerassistenz zur Unterstützung des Fahrers in Verzögerungsphasen.

**Schlüsselwörter:** Fahrerassistenzsystem, Verzögerung, Antizipationshorizont, Effizienz.

### 1. Einleitung

Das Aufkommen neuer Verkehrsinformationsquellen wie detaillierte digitale Karten, Car-to-Car oder Car-to-Infrastructure Kommunikation ermöglichen es aufkommende Fahrsituationen zu identifizieren bevor sie für den Fahrer selbst erkennbar sind. In dieser Arbeit werden die Zeitaspekte von vorausschauenden Assistenzsystemen präsentiert. Das System wurde konzipiert, um Verzögerungen in bestimmten Fahrsituationen in effizienter und komfortabler Weise durchführen zu können. Effizienz bedeutet hier einen geringeren Kraftstoffverbrauch und niedrigere Emissionen.

Ein Merkmal für eine effiziente Verzögerung (vorzugsweise ein Ausrollen des Fahrzeugs), ist die zeitliche Dauer. Dieser Artikel befasst sich mit der Frage, wann die Information zur zukünftigen Verzögerungssituation gezeigt werden soll und wann Ausrollen (Effizienzgewinn) oder leichtes Verzögern (Komfortgewinn) angezeigt werden soll. Die Vergrößerung des Antizipationshorizontes vom Fahrer wird erreicht durch unterstützende Informationen über relevanten Verkehr oder Fahrsituationen, welche nicht durch den Fahrer selber erkannt werden können. Dazu muss das System transparent gestaltet werden und dem Fahrer wird die empfohlene Handlung dargestellt.

### 2. Stand der Forschung

Frühere Studien von Reichart et al. (1998) und Dorrer (2003), lassen ein großes Potential in der Reduzierung des Kraftstoffverbrauchs durch ein Ausrollen des Fahrzeuges, im Gegensatz zu aktivem Bremsen in Verzögerungssituationen, erkennen. In den durchgeführten Experimenten wurden die Fahrer beim Ausrollen vor einer Geschwindigkeitsbegrenzung oder einer roten Ampel mittels eines aktiven Gaspedals unterstützt. Der Assistenzanzeigezeitpunkt war ca. 300m vor der Situation. Bei einer Fahrgeschwindigkeit von 80 bis 100km/h entspricht dies einem zeitlichen Abstand von 11-14s zur Situation. Dadurch war es möglich, dass der Fahrer ca. 14,7%

Kraftstoff auf einer 20 minütigen Fahrt einsparte. Außerdem wurde erwähnt, dass die zeitliche Akzeptanz eines Systems für kommende Verzögerungssituationen begrenzt sein könnte. Thoma et al. (2008) haben Konzepte zur Anzeige von Verzögerungs- und Beschleunigungsempfehlungen an einer Ampel untersucht. Simulatorversuche zeigten eine effizienzoptimierte Fahrweise, wenn der Fahrer 250m vor der Ampel angewiesen wurde seine Geschwindigkeit um 15km/h zu verringern, so dass in dieser Zeit die Ampel von Rot auf Grün umschalten kann. Es half stärkere Verzögerungen zu vermeiden, welche typisch für diese Situation ohne eine Assistenz sind. Die Wahl der Verzögerungsstrategie wurde dabei dem Fahrer überlassen.

### 3. Zeitkonzept

In diesem Abschnitt wird die natürliche Antizipation des Fahrers beschrieben. Daraus werden die möglichen zeitlichen Grenzen für die Erweiterung des Antizipationshorizonts auf der Führungsebene hergeleitet. Danach werden die zeitlichen Aspekte von effizienten, komfortablen und sicheren Verzögerungsstrategien für die untersuchten Fahrsituationen berücksichtigt. Die Kombinationen dieser verschiedenen zeitlichen Voraussetzungen liefern die Basis für das Zeitkonzept zur Aktivierung des Systems.

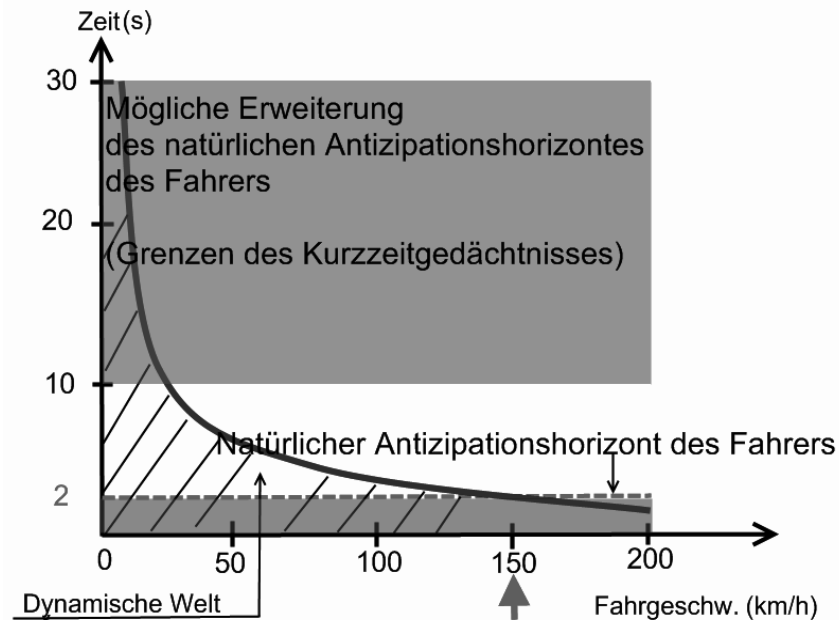
#### 3. 1 *Das natürliche Fahrverhalten*

In den Untersuchungen von Wolf (2009) wird gezeigt, dass der Fahrer dynamische Objekte wahrnehmen kann, wenn diese sich schneller bewegen als 2 Winkelsekunden. Er nennt dabei die Umgebung die als bewegend wahrgenommen wird "dynamische Welt". Im Gegensatz dazu liegt die "statische Welt" hinter der dynamischen Welt, dort wo dynamische (sich bewegende) Objekte schwer wahrzunehmen sind. Die hyperbolische Kurve in Abbildung 1 zeigt den maximalen zeitlichen Abstand der Objekte innerhalb der dynamischen Welt, abhängig von der aktuellen Fahrgeschwindigkeit. Der zeitliche Abstand  $t$  wird berechnet als  $t[s] = d[m] / v[m/s]$ . Dabei ist  $d$  der Abstand (in m) zur Grenze der dynamischen Welt und  $v$  die aktuell gefahrene Geschwindigkeit in m/s. Der durchschnittliche Zeitabstand mit welcher der Fahrer während des Fahrens vorausschaut beträgt 1-2 Sekunden (Schweigert 2003). Die Zweisekunden-Linie des normalen Antizipationshorizontes in Abbildung1 schneidet sich mit der hyperbolischen Kurve bei einer Geschwindigkeit von ungefähr 150km/h (Wolf 2009). Das kann so interpretiert werden, dass beim normalen Fahren der übliche Antizipationshorizont nur für Geschwindigkeiten von unter 150km/h innerhalb der dynamischen Welt liegt. Es gibt Situationen in denen dieser Antizipationshorizont nicht ausreichen würde für ein effizientes, komfortables und sicheres Fahrmanöver. Eine Verzögerung mit einem Wert von  $-0,5g$  (üblicher Wert für eine starke Verzögerung bei einem ungeübten Fahrer, nach Farid 2006) dauert bei einer Geschwindigkeit von 180km/h auf 0km/h, zum Beispiel bei einem stehenden Verkehrsstau auf der Autobahn, ca. 10s. Genauso verlängert ein Ausrollen für ein effizientes Verzögern die Handlung häufig so, dass dies nicht mehr innerhalb des 2s Zeithorizonts voraussehbar ist.

#### 3.2 *Kurzzeitgedächtnis*

Nach der Wahrnehmungspsychologie, werden Informationen im Kurzzeitgedäch-

nis aktiv gehalten, so dass diese umgehend und ohne großen Aufwand genutzt werden können. Die Dauer in welcher ein Informationsteil erfolgreich im Kurzzeitgedächtnis behalten wird, beträgt zwischen 15s und 30s (Broadbent 1958) und 10s bis 20s (Ackermann 2008). Das Hauptaugenmerk liegt darauf, ob Informationen dargestellt von ADAS im Kurzzeitgedächtnis verfügbar sind und stärker auf den Antizipationshorizont des Fahrers einwirken, als Strategien, die auf dem natürlichen 2s Antizipationshorizont des Fahrers basieren.



**Abbildung 1:** Fahrerwahrnehmung beim Fahrzeugführen, sein natürlicher Antizipationshorizont und seine mögliche Erweiterung

### 3.3 Dauern der Verzögerungsphasen

Tabelle 1 gibt einen Überblick über die Dauern der Verzögerungsphasen bei Ausrollen des Fahrzeugs, bei komfortablen und bei starken Verzögerungen.

**Tabelle 1:** Dauer der Verzögerungsphase bei einer Startgeschwindigkeit von 100km/h zu verschiedenen Zielgeschwindigkeiten

		Dauer der Verzögerungsphase $t_{\text{verzögerung}}$ (s)		
		Ausrollen	$a_{\text{verzögerung}} = -0,3g$	$a_{\text{verzögerung}} = -0,5g$
Ziel-Geschwindigkeit $v_{\text{ziel}}$ (km/h)	90	6,24	0,93	0,56
	80	13,26	1,85	1,11
	70	21,2	2,78	1,67
	60	30,26	3,70	2,22
	50	38,26	4,63	2,78
	40	50,26	5,56	3,33
	30	66,37	6,48	3,89

Die Dauern  $t_{\text{verzögerung}}$  für starke und komfortable Verzögerungen werden mit folgender Formel berechnet  $t_{\text{deceleration}}[s] = (v_{\text{ist}}[m/s] - v_{\text{ziel}}[m/s])/a_{\text{verzögerung}}[m/s^2]$ . Die Werte  $-0,5g$  für starke und  $-0,3g$  für komfortable Verzögerungen wurden aus der Arbeit von Farid 2006 entnommen. Die Berechnung der Dauer der effizienten Verzö-

rung durch Ausrollen wurden mit Hilfe der Fahrdynamik des Simulator des Lehrstuhls für Ergonomie, TU München, mit einem Automatikgetriebe hergenommen.

### 3.4 Assistenzkonzept

Grundsätzliche Anforderungen an eine Assistenz sind, dass sie verständlich, nicht ablenkend von der Fahraufgabe und einfach vom Fahrer überstimbar ist (abgeleitet von Reichart 1998). Eines der vorgeschlagenen Assistenzkonzepte benutzt eine Vogelperspektive (Nestler et al. 2009) zur Darstellung der kommenden Situation. Das zweite Konzept zur Anzeige der Situation besteht aus einer symbolischen Anzeige. Diese Informationen werden im Kombiinstrument angezeigt.

## 4. Zusammenfassung und Ausblick

Der normale Antizipationshorizont beim Fahrer beträgt ca. 2s. Allerdings reicht dieser Zeithorizont für bestimmte Manöver nicht aus wie zum Beispiel für ein effizientes Verzögern. In dieser Arbeit werden die Dauern der effizienten und komfortablen Verzögerungen angegeben. Zusammen mit dem MMI wird das Konzept zur Unterstützung der Erweiterung des Antizipationshorizontes von Fahrern präsentiert. Die wichtigsten Fragestellungen, die durch Untersuchungen beantwortet werden müssen, sind: Was sind die Zeitgrenzen abhängig von der untersuchten Situation bis zu welcher der Antizipationshorizont des Fahrers erweitert werden kann? Welches ist die effektivste Möglichkeit mit Hilfe eines MMIs dem Fahrer die kommende Situation darzustellen? Bis zum welchen Grad kann ein vorgeschlagenes Konzept die Effizienz und den Komfort verbessern?

## 5. Literatur

1. Ackermann, A. 2008, Memory part II: perception, attention and short-term memory, Ergotherapie und Rehabilitation, Issue September 2008.
2. Broadbent, D.E. 1958, Perception and Communication. London: Pergamon Press.
3. Dorrer, C. 2003, Effizienzbestimmung von Fahrweisen und Fahrerassistenz zur Reduzierung des Kraftstoffverbrauchs unter Nutzung telematischer Informationen, Dissertation. München: Technische Universität München.
4. Farid, M., Kopf, M., Bubb, H. & Essaili, A. 2006, Methods to develop a driver observation system used in an active safety system. In: Proceedings of 22. Internationale VDI/VW-Gemeinschaftstagung, Wolfsburg.
5. Nestler, S., Duschl, M., Popiv, D., Rakic, M. & Klinker, G. 2009, Concept for visualizing concealed objects to improve the driver's anticipation. In: Proceedings of the 17th World Congress on Ergonomics IEA, Beijing, China.
6. Reichart, G., Friedmann, S., Dorrer, C. & Rieker, H. 1998, Potentials of BMW Driver Assistance to Improve Fuel Economy. In: Proceedings of the International Federation of Automotive Engineering Societies World Congress, Paris.
7. Schweigert, M. 2003, Fahrerblickverhalten und Nebenaufgaben, Dissertation. München: Lehrstuhl für Ergonomie, Technische Universität München.
8. Thoma, S., Lindberg, T. & Klinker, G. 2008, Speed Recommendation During Traffic Light Approach: A Comparison of Different Display Concepts. In: D. de Waard, F.O. Flemisch, B. Lorenz, H. Oberheid & K.A. Brookhuis (Eds.), Human Factors for assistance and automation. Maastricht: Shaker Publishing, S. 63-73.
9. Wolf, H. 2009, Untersuchung des Lenkgefühls von Personenkraftwagen unter besonderer Berücksichtigung ergonomischer Erkenntnisse und Methoden, Dissertation. München: Lehrstuhl für Ergonomie, Technische Universität München.



# **Haptisches Touchpad - Zentrales Infotainmentbedienteil mit adaptiv haptisch veränderlicher Oberfläche**

Roland SPIES, Günter HORNA, Heiner BUBB,  
Werner HAMBERGER und Klaus BENGLER

*Lehrstuhl für Ergonomie, Technische Universität München,  
Boltzmannstraße 15, D-85747 Garching  
Entwicklung Bedienkonzept, Audi AG,  
D-85045 Ingolstadt*

**Kurzfassung:** Im vorliegenden Beitrag wird eine Untersuchung in einem statischen Fahrsimulator zum Vergleich verschiedener Konzeptauslegungen für eine Menüinteraktion mit einem Touchpad vorgestellt. Dabei wird eine plane mit einer haptisch konturierten Oberfläche verglichen. Des Weiteren wird ein Cursor auf dem Display zur Visualisierung der aktuellen Fingerposition auf dem Touchpad untersucht. Die Untersuchungsergebnisse zeigen übereinstimmend über alle gemessenen Fahr-, Bedien- und Blickkennwerte einen deutlichen Vorteil einer haptischen Fühlhilfe. Ein Mehrwert durch den Cursors konnte nicht nachgewiesen werden.

**Schlüsselwörter:** haptisches Touchpad, Anzeigeort, Bedienort, Blickverhalten.

## **1. Einleitung**

Dem Zuwachs an Anzeige- und Bedienelementen in modernen Kraftfahrzeugen begegnen Automobilhersteller mit zentralen menügeführten Infotainmentsystemen. Für deren Bedienung zeichnen sich auf dem Markt zwei Kategorien ab, solche mit kombiniertem und solche mit abgesetztem Anzeige- und Bedienort.

Die erste Kategorie mit kombiniertem Anzeige- und Bedienort wird durch Touchscreens auf dem Markt repräsentiert. Die zweite Variante wird meist mit Dreh- Drück- Stellern bzw. Dreh- Drück- Schiebestellern, welche durch zusätzliche Tasten ergänzt sind, realisiert. Neuester Stand der Technik ist ein redundantes Touchpad zur direkten Eingabe alphanumerischer Zeichen per Handschrift bzw. weiterer zweidimensionaler Aufgaben wie das Verschieben der Navigationskarte, wie es im neuen Audi MMI angeboten wird (Hamberger & Gößmann 2009).

Als Lösungsansatz zur Reduktion der Bedienelemente und einer Beibehaltung der für Dual Task Anwendungen vorteilhaften Trennung zwischen Anzeige und Bedienung, wurde vom Lehrstuhl für Ergonomie und der designaffairs GmbH für die Audi AG ein Touchpad mit haptisch adaptiv veränderlicher Oberfläche entwickelt. Im Folgenden wird auf das Bedienprinzip und die daraus resultierenden Fragestellungen näher eingegangen.

## **2. Das haptische Touchpad**

Die Entwicklungsschritte sowie weiterführende technische Informationen zu dem

vorgestellten Bedienelement sind Spies et al. (2009a) zu entnehmen.

Grundgedanke des haptischen Touchpads ist, dass sämtliche bedienbaren grafischen Displayinhalte haptisch erhaben auf der Touchpadoberfläche dargestellt und durch Drücken wie Tasten manipuliert werden können. Die haptische Touchoberfläche adaptiert sich dabei an die im Display angezeigten aktuellen Menüinhalte. Durch ein grafisches Highlight des jeweiligen Elementes auf dem Display, wird dem Nutzer zurückgemeldet, welches haptische Pendant er auf dem Touchpad berührt. Die dadurch entstehende direkte Manipulation, ermöglicht eine kompatible Interaktionsgestaltung zwischen Bedienelement und angezeigten Displayinhalten. Des Weiteren werden durch die zweidimensionale freie Eingabefläche Flexibilität in der Darstellung von Menüinhalten sowie neuartige Interaktionskonzepte ermöglicht. So sind beispielsweise zweidimensionale Darstellungsmetaphern, wie sie von Broy (2007) vorgeschlagen werden, denkbar.

Das vom Display abgesetzte Touchpad macht den Anzeigort unabhängig vom Bedienort und ermöglicht eine ergonomisch günstige Positionierung von Display und Bedienelement. Dadurch ist auch eine Bedienung von Infotainmentinhalten im Head Up Display denkbar, was sich bei Milicic (2009) als vorteilhaft gezeigt hat. Ebenfalls denkbar ist eine direkte Manipulation von kontaktanalog angezeigten Kontexten wie es bei Spies et al. (2009b) angedacht wird.

Da es sich bei der Menübedienung während der Fahrt um eine Dual Task Situation handelt, wodurch negative Interferenzen zwischen der Nebenaufgabe und der eigentlichen Fahraufgabe auftreten können, muss die Interaktion mit dem Touchpad möglichst ablenkungsarm gestaltet sein. Ziel ist es, durch eine ergonomische Bedienkonzeptgestaltung, den Fahrer in den drei Phasen des menschlichen Informationswandels nach Bubb (1993) zu unterstützen. Die Informationsaufnahme für die Fahraufgabe geschieht dabei weitestgehend über den visuellen Kanal (Rockwell 1971). Um eine Ablenkung durch weitere visuelle Belastung durch die Nebenaufgabe zu vermeiden, wird versucht, über den haptischen Kanal Information zu übermitteln, indem die Displayinhalte wahrnehmbar auf der Touchpadoberfläche dargestellt werden. Dadurch sollte auch die menschliche Informationsverarbeitung unterstützt werden. Wickens (1984) postuliert, dass die Informationsverarbeitung durch die Nutzung multipler Ressourcen verbessert werden sollte.

Eine weitere Möglichkeit, zur Reduzierung des Orientierungsaufwandes bei der Touchpadbedienung ist durch einen Cursor gegeben, welcher die aktuelle Fingerposition auf dem Touchpad grafisch auf dem Display visualisiert. Somit ergeben sich für eine Untersuchung folgende vier Alternativen:

- Glatte Touchpadoberfläche ohne Cursor
- Haptische Touchpad Oberfläche ohne Cursor
- Glatte Touchpadoberfläche mit Cursor
- Haptische Touchpadoberfläche mit Cursor

Aus den theoretischen Betrachtungen lassen sich zu diesen vier Alternativen folgende Hypothesen formulieren, welche der Untersuchung zu Grunde liegen:

- Eine haptisch konturierte Touchpadoberfläche entlastet den visuellen Kanal und wirkt sich somit positiv auf die Fahrsicherheit aus
- Ein Cursor als optische Orientierungshilfe führt zu einer effizienteren Interaktion mit einer reduzierten Anzahl an Kontrollblicken
- Eine multimodale Kombination aus Cursor und haptischer Orientierungshilfe wirkt sich positiv auf die Bedieneffizienz und Fahrperformance aus

### 3. Versuchsmethodik

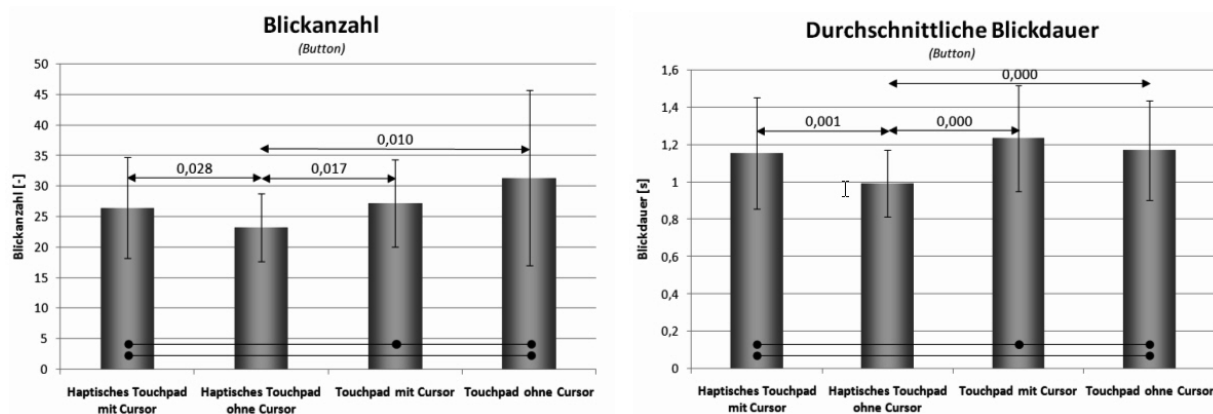
Der Versuch wird in einem statischen Fahrsimulator mit 32 Probanden (25 Männer, 11 Frauen,  $\bar{X}=39,38$  Jahre,  $sd=11,35$  Jahre) in einem within subject design durchgeführt. Die primäre Fahraufgabe besteht dabei aus einer Folgefahrt mit konstantem Abstand auf einer Überlandstrecke mit sich gleichmäßig abwechselnden Rechts- und Linkskurven, wodurch eine konstante, reproduzierbare Belastung simuliert werden soll. Die vier Faktorstufen der unabhängigen Variable „Orientierungshilfe“ werden in einer komplexen Nebenaufgabe aus dem Bereich Navigation untersucht, bei der die Probanden die unterschiedlichen Aufgabentypen „Menüauswahl“, „Kartenverschieben“ und „Kartenhelligkeitseinstellung“ bearbeiten müssen. Als abhängige Variablen werden Messwerte zum Fahr-, Bedien- und Blickverhalten herangezogen sowie eine relative subjektive Bewertung in Form einer Rangreihenfolge erhoben.

Vor Beginn der eigentlichen Versuchsaufgaben werden mit den Probanden zur Übung im Stand und während der Fahrt inhaltlich veränderte Testaufgaben durchgeführt. Dies vermindert Störeffekte aufgrund unterschiedlicher Herangehensweisen und Lernkurven beim Erstkontakt mit den unbekannten Bedienkonzepten.

### 4. Ergebnisse

Die statistische Hypothesenprüfung erfolgt mittels Varianzanalysen und folgender post-hoc Vergleiche.

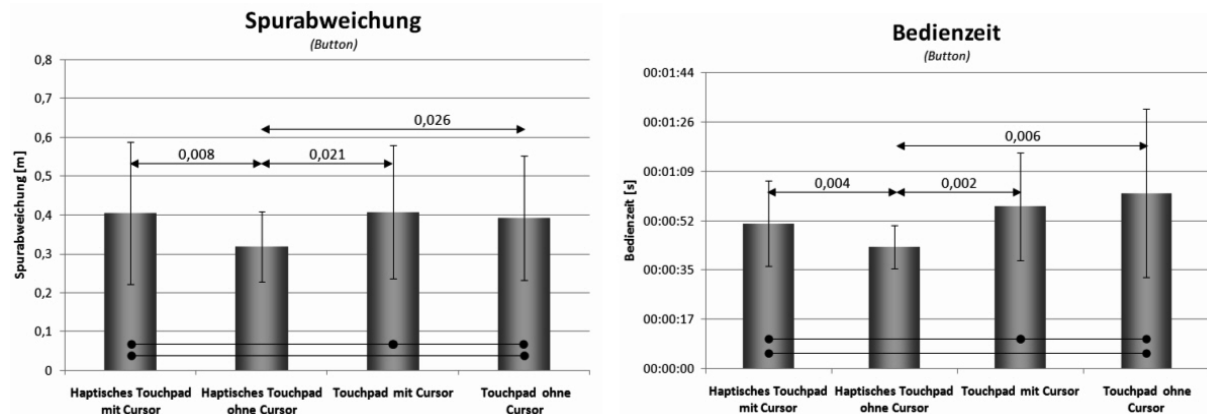
Die Entlastung des visuellen Kanals durch die haptisch konturierte Oberfläche und die damit prognostizierte geringere Beeinflussung der Fahraufgabe kann anhand der erhobenen Blickdaten für die beiden Konzeptvarianten ohne Cursor signifikant nachgewiesen werden (siehe Abbildung 1).



**Abbildung 1:** Blickanzahl und durchschnittliche Blickdauer auf das Mitteldisplay

Dies wirkt sich ebenfalls positiv auf die Fahrsicherheit aus, da die Standardabweichung der Spurhaltung, wie in Abbildung 2 zu sehen, beim haptischen Touchpad signifikant geringer ist, als bei einer Touchpadbedienung ohne Haptik. Bei der Verwendung eines zusätzlichen Cursors, ist der Effekt der Haptik nicht mehr nachweisbar. Somit kann Hypothese 1 nur für eine Touchpadbedienung ohne Cursor bestätigt werden. Der Cursor als optische Orientierungshilfe führt, wie in Abbildung 2 ersichtlich, nicht zu einer schnelleren Bearbeitung der Versuchsaufgabe. Es lässt sich zudem aus Abbildung 1 entnehmen, dass die plane Touchpadvariante mit einem zu-

sätzlichen Cursor nicht weniger bzw. kürzere Blicke verursacht als ohne Cursor. Bei der haptischen Variante verursacht der Cursor sogar signifikant mehr Blicke und auch durchschnittlich längere Fixationsdauern. Dies wirkt sich ebenfalls signifikant negativ auf die Fahrgüte aus. Die subjektiven Aussagen der Probanden untermauern dieses Ergebnis. Somit können Hypothese 2 und 3 nicht bestätigt werden.



**Abbildung 2:** Standardabweichung der Spurhaltung und Aufgabenbearbeitungsdauer

Eine haptisch konturierte Oberfläche eines Touchpads erweist sich somit als eine Orientierungshilfe, welche das Ablenkungspotenzial gegenüber einer herkömmlichen planen Touchpadoberfläche signifikant vermindert. Ein Cursor zur Visualisierung der Fingerposition auf der Touchoberfläche hat keinen Mehrwert und wirkt darüberhinaus ablenkend.

## 5. Literatur

1. Broy, V. 2007, Benutzerzentrierte, graphische Interaktionsmetaphern für Fahrerinformationssysteme, Dissertation. München: Technischen Universität München.
2. Bubb, H. 1993, Informationswandel durch das System. In: H. Schmidtke (Hrsg.), Ergonomie, 3. Auflage. München: Carl Hanser.
3. Hamberger, W. & Gößmann, E. 2009, Bedienkonzept Audi: Die nächste Generation. In: VDI Wissensforum GmbH. (Hrsg.), Elektronik im Kraftfahrzeug, VDI-Berichte 2075. Düsseldorf: VDI-Verlag, S. 677-686.
4. Milicic, N., Platten F., Schwalm, M. & Bengler, K. 2009, Head-Up Display und das Situationsbewusstsein. In: VDI Wissensforum GmbH (Hrsg.), Der Fahrer im 21. Jahrhundert Fahrer, Fahrerunterstützung und Bedienbarkeit, VDI-Berichte 2085. Düsseldorf: VDI-Verlag, S. 205-219.
5. Rockwell, T.H. 1971, Eye Movement analyses of visual information acquisition in driving: an overview. Paper presented at the North Carolina State University, Raleigh.
6. Spies, R., Peters, A., Toussaint, C. & Bubb, H. 2009a, Touchpad mit adaptiv haptisch veränderlicher Oberfläche zur Fahrzeuginfotainmentbedienung. In: H. Brau, S. Diefenbach, M. Hassenzahl, K. Kohler, F. Koller, M. Peissner, K. Petrovic, M. Thielsch, D. Ullrich & D. Zimmermann (Hrsg.), Usability Professionals 2009. Stuttgart: Fraunhofer Verlag.
7. Spies, R., Ablaßmeier, M., Hamberger, W. & Bubb, H. 2009b, Augmented interaction and visualization in the automotive domain. In: J.A. Jacko (Ed.), Human-Computer Interaction, Part III, LNCS 5612. Berlin: Springer, S. 211-220.
8. Wickens, C.D. 1984, Engineering Psychology and Human Performance. Columbus: Merrill.

# Innovatives Bedien-Anzeige-Konzept am Beispiel „Re3“

Gert-Dieter TUZAR

*Johnson Controls GmbH, Industriestraße 20-30, D-51399 Burscheid*

**Kurzfassung:** Die Anforderungen an einen Fahrzeuginnenraum werden durch die sich ständig verändernden technischen, sozialen, marktgerechten, ästhetischen und umweltbezogenen Kundenansprüche beeinflusst. Die Automobilindustrie ist verstärkt gefordert, innovative Gesamtkonzepte zu entwickeln. Feststehende Parameter sind hingegen die Erwartungen an Fahrzeugsicherheit, Komfort und Benutzbarkeit im weitesten Sinne sowie Ergonomie. Wie könnte die Automobilindustrie in Zukunft die Brücke schlagen zwischen Innovation und Nachhaltigkeit? Wie könnte der Trend zur „Neuen Bescheidenheit“ bei gleichzeitiger Bereitstellung von Komfort und Sicherheit berücksichtigt werden? Wie könnte ein realisierbares Fahrzeuginnenraumkonzept aussehen, welches heute schon zeigt, wie wir in der Zukunft im und mit dem Fahrzeug interagieren? Vorgestellt wird das Konzeptfahrzeug „Re3“ von Johnson Controls. „Re3“ steht für, Rethink, Renew und Respond: Ein Paradigmenwechsel in Bezug auf die Frage, wie ein Fahrzeuginnenraum in der Kompaktklasse komfortabel gestaltet werden könnte und gleichzeitig Aspekte wie Nachhaltigkeit und die Erfüllung komplexer Herstelleranforderungen mit Hilfe neuer Technologien realisiert werden kann. Es werden in diesem Zusammenhang Lösungsansätze bezüglich des Fahrzeug-Packages und einer neuen Form von zwischenmenschlicher Kommunikation innerhalb des Fahrzeugs präsentiert. Der Schwerpunkt der Ausführung liegt auf dem innovativen „Fahrer-Arbeitsplatz“ und seiner neuartigen Mensch-Maschine-Schnittstelle. Das Bedien-Anzeige-Konzept präsentiert eine zeitgemäße Interaktionsform, leichte Konfigurierbarkeit, ein hohes Maß an intuitiver Nutzung und Emotionalität bei gleichzeitiger Berücksichtigung von ergonomischen Aspekten im Fahrzeug.

**Schlüsselwörter:** Fahrer-Arbeitsplatz, Bedien-Anzeige-Konzept, Benutzbarkeit, Mensch-Maschine-Schnittstelle.

## 1. Einleitung

Zum Ende der ersten Dekade des 21. Jahrhunderts erleben wir einen deutlichen Wechsel von Anforderungen an das Automobil. Käufer legen vermehrt Wert auf nachhaltige Lösungen. Im Zuge explodierender Energiekosten und der Notwendigkeit zur CO<sub>2</sub>-Reduktion ist man jetzt bereit, kleinere Fahrzeugsegmente für den Eigenbedarf in Betracht zu ziehen; „Down Sizing“. Nach unten skaliert werden Bedürfnisse auf die Fahrzeuggröße und damit den resultierenden Energieverbrauch, jedoch bleibt die Nachfrage nach hoher Flexibilität, Nutzwert und elektronischer Funktionalität, wie zum Beispiel Infotainment, gleich. Neueste Entwicklungen wurden in den globalen Design-Abteilungen bei Johnson Controls zum Anlass genommen ein Fahrzeuginnenraumkonzept in die nahe Zukunft zu projizieren. Entstanden ist das kompakte Konzeptfahrzeug Re3. Das Bedien-Anzeige-Konzept (BAK) erfüllt neue Kundenbedürfnissen an eine Mensch-Maschine-Schnittstelle. Zugleich wurde aufge-



zeigt, welchen Einfluss eine neue Fahrzeugarchitektur auf die Verteilung von end-konsumentrelevanten Komponenten haben könnte.

## **2. Methode - Vom menschlichen Bedürfnis zur technischen Lösung**

Bei der Methode zur Konzeptfindung handelt es sich überwiegend um einen bedürfnisorientierten Ansatz. Die Zielsetzungen und die Bedürfnisse wurden in den Bereichen Konsumenten-, Markt-, Kunden- Forschung und Design definiert. Mit klaren Zielsetzungen wurde das bestehende Technologieportfolio genutzt oder ein technologischer Nachholbedarf in Bezug auf Lösungen identifiziert. Letztendlich führte diese Methode zu einer Reihe von innovativen Produkten, wie auch zu einem neuen BAK.

## **3. Ergebnisse**

### *3.1 Vorbedingung zum BAK: Plug-in-Hybrid*

Konsumenten im Kompaktsegment haben das Bedürfnis nach ausreichend Volumen im Kofferraum. Bei konventionellen Plug-In-Hybrid Fahrzeugen mit einer Reichweite von mehr als 50 km sind die Batteriemodule im Kofferraum untergebracht. Damit müssen Kunden auf wertvollen Laderaum verzichten. Bei der Architektur für den Re3 wurde das Batteriemodul mittig im Fahrzeug, sicherheitsoptimiert in der Tunnelkonsole zwischen dem Fahrer- und dem Beifahrersitz positioniert. Die klassische Tunnelkonsole entfällt komplett. Damit lässt sich der Kofferraum optimal nutzen. Die bessere Schwerpunktverteilung unterstützt zusätzlich die Fahrdynamik und die Aufprallsicherheit. Jedoch, ein derart drastischer Einschnitt im Fahrzeuginnenraum stellt neue Anforderungen an das Gesamtkonzept im Hinblick auf Ablagen und BAK.

### *3.2 Vorbedingung zum BAK: Eco-Space Modulare Cockpit-Struktur*

Die Notwendigkeit nach Ablagen und Stauraum wurde in einem neuartigen Cockpit-Modul bedient. EcoSpace ist eine hybride Cockpit-Struktur aus Kunststoff und Stahl, mit der die Hälfte eines konventionellen Querträgers eingespart wird. Der Stahl wird an der Fahrerseite in Form eines Dreibeins, der Kunststoff über die Gesamtbreite des Cockpits eingesetzt. Luftkanäle und die Anbindung an den Airbag werden direkt in die Kunststoffkonstruktion integriert. So profitieren Automobilhersteller von einer bis zu 26 Prozent reduzierten Masse im Vergleich zu konventionellen Querträgern. Für die Fahrzeug-Designer bedeutet der Einsatz des EcoSpace-Konzepts ein großes Plus an gestalterischer Freiheit. Beispielsweise können sie damit den Raum vor dem Beifahrer ganz flexibel gestalten. Zugunsten von Stauraum und Aggregatunterbringung wurde auf eine Mittelkonsole verzichtet.

### *3.3 Vorbedingung zum BAK: Conversational Seating*

Zudem haben sich die Entwickler intensiv mit der Frage beschäftigt, wie man die klassische „Kommunikationsbarriere“ zwischen Vorder- und Rücksitzpassagieren durchbrechen kann, um die Unterhaltung über die Sitzreihen hinweg zu erleichtern. Ergebnis ist das Konzept „Conversational Seating“. Als Mehrwert für alle Passagiere



schaft die Sitzanordnung ein „Konversationsdreieck“ durch einen Beifahrersitz, der sich durch eine verlängerte Schiene auf Fondhöhe nach hinten gleiten lässt, dies in Kombination mit hochklappbaren Rücksitzen und einem Mechatronik-Auslösemechanismus. Die neue Sitzposition ermöglicht dem Beifahrer nicht nur eine einzigartige Beinfreiheit, sondern erweist sich auch als sehr praktisch zur Interaktion mit dem Rücksitzpassagier, zum Beispiel zur Versorgung eines Kleinkindes.

Auch in der hintersten Sitzstellung wurde darauf geachtet, dass der Beifahrer auf die klassischen Funktionen wie Klimaanlage und Musik zugriff hat.

### *3.4 BAK: Integrated Seat Wing*

Durch den kompletten Wegfall der klassischen Tunnelkonsole und der Mittelkonsole entstand die Notwendigkeit eine neue Lösung zur Steuerung von Funktionen zu finden. Die häufig benutzten Funktionen, welche einen direkten und schnellen Zugriff erfordern wie zur Steuerung der Klimaanlage und der Musik wurden in die am Fahrersitz angebrachte verlängerte Armauflage integriert. Bei der Musiksteuerung werden lediglich die Funktionen „Abspielen“, „Pause“, „Nächster/Vorheriger Titel“ und „Lauter/Leiser“ angeboten. Zudem wurden auch die Fensterheber und die Sitzhöhenverstellung in diesem Bereich untergebracht. Die Betätigung der restlichen Funktionen und der Menünavigation wurden an einem anderen Ort realisiert.

Die Positionierung einiger Funktionen in der Armauflage begünstigt nicht nur die sichere Betätigung während der Fahrt, sie erlaubt auch dem Beifahrer in jeglicher Sitzposition den Zugriff. Es wurde darauf geachtet, dass die Tasten auf der Armauflage in übersichtlichen Funktionsgruppen angeordnet sind. Die Größe der Tasten und die haptisch fühlbaren Trennstege zwischen den Tasten erleichtern die Interaktion nach einer kurzen Einlernzeit. Die mit den Tasten eingestellten Werte kann der Fahrer als Pop-Up auf einem Display neben dem Kombiinstrument visuell kontrollieren.

Bei der Unterbringung der Tasten auf der Armlehne besteht die Gefahr von Fehlbetätigungen. Aus diesem Grund wurden die Tasten und beweglichen Elemente in Mulden untergebracht. Bei flach aufliegendem Arm oder aufliegender Hand ist das unbeabsichtigte Auslösen einer Funktion somit erschwert.

### *3.5 BAK: Extended Cluster – Hauptfunktionen*

Kommunikations-, Unterhaltungs-, Informations-, und Navigationsfunktionen lassen sich über ein berührungsempfindliches Display bedienen. Die jeweilige Hauptfunktion mit deren Unterfunktionen lässt sich einfach über das Berühren von Symbolen oder Textelementen aufrufen. Die Größe von Text und Symbolelement, sowie die verwendeten Farbkontraste, sind so gewählt, dass zu jeder Zeit während des Fahrbetriebs eine klare Erkennbarkeit gewährleistet ist und eine sichere Eingabe erfolgen kann. Um optimale Sichtbarkeit und Erreichbarkeit zu gewährleisten, wurde das Multitouch Display rechts neben dem Lenkrad auf der Höhe des Kombiinstruments positioniert. Die Vorteile eines Multitouch Displays liegen darin, dass erlernbare Gesten genutzt werden können, um schnell und effizient durch komplexe Menüs, respektive Datenbanken, zu navigieren. Eine Gestenbibliothek kann die unterschiedlichsten Gesten beinhalten. Durch die technische Eigenschaft der kapazitiven Technologie lassen sich zum Beispiel die Anzahl der benutzten Finger, die Bewegungsrichtung und die Bewegungsgeschwindigkeit ableiten. Diese Attribute werden zum Beispiel genutzt um durch Listenelemente innerhalb einer Kategorie und zwischen Kategorien

zu navigieren.

Licht- und Sichtfunktionen wurden als Taster links neben dem Lenkrad auf der Höhe des Kombiinstrumentes angebracht. Die Fahrstufen des Automatikgetriebes wurden ebenfalls als Taster rechts neben dem Display realisiert. Beide Tasterfunktionseinheiten sind gestalterisch Teil eines semantisch durchgehenden Informations- und Interaktionsbandes.

### *3.6 Bedien-Anzeige-Konzept: Extended Cluster – Informationsverteilung*

Um das Bedürfniss nach persönlicher Informationsverteilung zu erfüllen, wurde darauf Wert gelegt, eine möglichst leicht erlernbare und zeitgemässe Interaktionsform zu wählen. Das BAK verfügt über zwei Displays, also zwei Bereiche (vgl. Abbildung 1).



**Abbildung 1:** *Re3 - Extended Cluster & Seat Wing*

Das Sekundärdisplay wurde bereits angesprochen und liegt rechts neben dem Lenkrad. Das Primärdisplay liegt innerhalb des Kombiinstrumentes. Das Primärdisplay ist ein reines Anzeigedisplay. Interaktion erfolgt ausschließlich auf dem berührungsempfindlichen Sekundärdisplay. Auf dem Sekundärdisplay lassen sich die Funktionen wie Navigation, Musik, Bordrechner, Telefon und Nachrichten durch einfaches Berühren von Symbolflächen aktivieren. Durch ein „Ziehen & Loslassen“ (Drag ‘n Drop“) der Symbolflächen von einem grafisch vorgehaltenen Areal in ein anderes, lassen sich diese Funktionen als reine Information auf dem Primärdisplay übertragen. Der Fahrer hat damit die Möglichkeit mit unterschiedlich ausgeführten Darstellungsformen in unterschiedlichen Bereichen zu fahren. Das Austauschen der dargestellten Funktion im Primärdisplay kann jederzeit durch das Überschreiben mit einer anderen Funktion erfolgen.

# Methodische Ansätze zur Sichtbeurteilung im Fahrzeug

Lars WOYNA<sup>1</sup>, Stefan GLOGER<sup>2</sup> und Ralph BRUDER<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Institut für Arbeitswissenschaft, Technische Universität Darmstadt, Petersenstrasse 30, D-64287 Darmstadt*

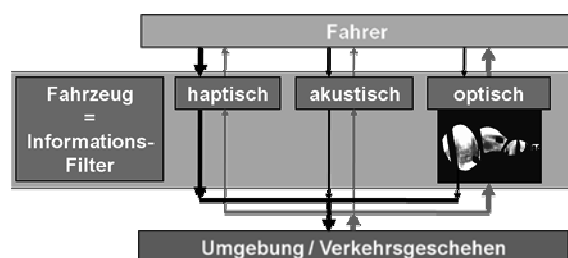
<sup>2</sup> *Adam Opel GmbH, VA & IC, Feasibility, D-65423 Rüsselsheim*

**Kurzfassung:** Eine sichere Fahrzeugführung setzt eine angemessene Außensicht des Fahrers voraus, die von der Geometrie des Fahrzeugs jedoch wesentlich beeinflusst wird. Zur Beurteilung der Außensicht existieren zahlreiche Methoden in vielfältiger Form und Güte und unter Verwendung verschiedenster physikalischer Messgrößen. Der vorliegende Beitrag stellt verbreitete Sichtbeurteilungsmethoden vor und vergleichend gegenüber. Hieraus leitet sich ein neues Konzept für eine zukünftige Beurteilungsmethodik ab, das die systematische Betrachtung der Verkehrsumgebung mit einer empirischen Untersuchung von Blickdichteverteilungen des Fahrers in realtypischen Verkehrssituationen verbinden soll.

**Schlüsselwörter:** Fahrzeug, Sicht, Beurteilungsmethode.

## 1. Einleitung

Der Autofahrer ist für eine sichere und effiziente Bewältigung der Fahraufgabe auf Informationen aus seiner unmittelbaren Verkehrsumgebung angewiesen. Diese empfängt er zu ca. 90% (Rockwell 1972) über den visuellen Informationskanal. Eine adäquate Reaktion auf Verkehrssituationen setzt das Erkennen und richtige Interpretieren dieser Informationen voraus, was wiederum die vorgeschaltete Stufe des Entdeckens („sensorischer Informationen“/„Signale“) erfordert. Abbildung 1 zeigt den Einfluss der Fahrzeuggeometrie auf den Informationsfluss beim Autofahren. Das Fahrzeug bildet hierbei einen physikalischen Filter und führt potentiell zu einem Informationsdefizit.



**Abbildung 1:** Das Fahrzeug als Informationsfilter

Die Auswirkungen einer geschmälernten Informationsversorgung generell, wie sie durch ungünstige Sichtgestaltung des Fahrzeugs verursacht werden kann, können mithilfe der Unfallursachenforschung untersucht werden. Laut einer Analyse von Vollrath & Briest (2008) stellen Kollisionen mit Bevorrechtigten (Einbiegen / Kreuzen, Abbiegen, etc.) ca. 36% der schweren Unfälle dar, wobei in 42% aller schweren Unfälle reiner Informationsmangel ursächlich sein soll. Sofern Handlungsfehler und Ursache unabhängig sind, kann abgeschätzt werden, dass ca. 15% aller schweren Unfälle aufgrund von Informationsmangel in Situationen entstehen, in denen der Fahrer

Vorfahrt hätte gewähren müssen. Auch wenn diese beispielhafte Analyse nicht eindeutig klärt, inwieweit die Sichtverhältnisse der Karosserie ursächlich für das Informationsdefizit waren bzw. welche Rolle andere Faktoren (witterungsbedingte Sichtverhältnisse, mangelnde Aufmerksamkeit etc.) spielten, erwächst hieraus dennoch die Motivation, fahrzeugseitig eine optimale Sicht zu gewährleisten. Aufgrund teils gegenläufiger Anforderungen an moderne Fahrzeuge ist die Umsetzung nicht trivial, sondern bedarf der Untersuchung und Definition genauer Kriterien optimaler Sicht.

## 2. Überblick gebräuchlicher Sichtbeurteilungsmethoden

Fahrzeughersteller, die während der Entwicklungsphase die späteren Sichtverhältnisse bewerten müssen, Verbraucherorganisationen und gesetzgebende Instanzen haben Sichtbeurteilungsverfahren für Fahrzeuge entwickelt, die darauf abzielen, die Sicht in verschiedenen Fahrzeuge zu vergleichen bzw. definierte, typzulassungsrelevante Grenzwerte zu überprüfen. Grundsätzlich finden hier subjektive und objektive Beurteilungsverfahren Anwendung. Letztere lassen sich in die folgenden drei Gruppen teilen (vgl. Abbildung 2).



**Abbildung 2:** Überblick über Sichtbeurteilungsmethoden: 1. Laser-Theodolit (Klangwald 2007), 2. Schattenwurf (WhatCar? 2003), 3. Fotometrisches Verfahren (ADAC 2008)

Bei den Laser-Theodolit-Verfahren werden mithilfe eines im Fahrer-Augpunkt platzierten Lasers die einzelnen Bauteilverdeckungswinkel in bestimmten Ebenen durch den Augpunkt ermittelt. Meist werden die in der Horizontalebene gemessenen Einzelwinkel zum 360°-Summen-Verdeckungswinkel addiert, der als Vergleichswert zur Beurteilung verschiedener Fahrzeuge (z.B.: TÜV, Dekra, Abbildung 2 links) dient. Darüber hinaus basiert auf dieser Basis ein genau spezifiziertes, weltweit gültiges Zulassungsverfahren zur Ermittlung des Verdeckungswinkels der A-Säule, der einen gesetzlich festgelegten Maximalwert nicht überschreiten darf (ECE 77/649 / ECE R125; ISO-7397-1/2).

Bei den Schattenwurf-Verfahren werden mono- / binokulare Punktlichtquellen an definierten Stellen im Fahrzeug (meist im Augpunkt) platziert (Abbildung 2 Mitte). Die von der Fahrzeugstruktur auf Boden- oder referenzierte Wandflächen geworfenen Schatten werden vermessen und mit den unbeschatteten Flächen ins Verhältnis gesetzt, welches dann als Bewertungsgröße der Sichtbedingungen dient. Im Rahmen der Konformitätsprüfung zur StVZO §35b Abs. 2 werden außerdem definierte Schattenmaße bestimmt und mit gesetzlichen Vorgaben verglichen.

Dem Schattenwurfverfahren verwandt, werden bei fotometrischen Verfahren mittels Digitalkamera und Bildbearbeitungssoftware gezielt Bilder aus dem Augpunkt des Fahrers heraus in einzelne Richtungen oder ein komplettes 360°-Panorama-Bild erzeugt. Aus den resultierenden Pixelverhältnissen der verdeckten und unverdeckten Flächen leiten sich Bewertungsgrößen für die Sichtbedingungen ab. Hierbei können je nach Blickrichtung und betrachteten Verkehrssituationen zusätzlich unterschiedliche Gewichtungsfaktoren (ADAC 2008) zum Einsatz kommen (Abbildung 2 rechts).

### 3. Neue Ansätze zur Entwicklung von Verfahren zur Sichtbeurteilung

Vor dem Hintergrund einer großen Variationsbreite von Verkehrssituationen, Geschwindigkeits- und Gefahren-Niveaus, Informationsträgern unterschiedlicher Relevanz in verschiedenen Lagen relativ zum Fahrzeug und verschiedensten Blickvektoren des Fahrers erscheint eine Sichtbeurteilung ohne eine fundierte Sichtbereichseinteilung und -gewichtung nicht belastbar. Entwürfe des britischen TRL oder der ACEA zur Integration eines „Visibility“-Tests im Rahmen des P-NCAP-Bewertungsverfahrens, die eine Sichtbereichseinteilung und -gewichtung beinhalten, wurden bisher nicht in ein offizielles Bewertungsverfahren überführt. Die etablierten Methoden verfügen über keine derartige Unterteilung und Gewichtung oder sie sind diesbezüglich unzureichend dokumentiert (ADAC 2008). Eine Sichtbereichsgewichtung basiert auf einer belastbaren, skalierbaren Definition optimaler Außensicht, zu deren Entwicklung grundsätzlich zwei Ansätze (theoretische und empirische Ansätze) möglich sind.

#### 3.1 Theoretische vs. empirische Ansätze zur Sichtbereichseinteilung

Der theoretische Ansatz besteht in einer Systematisierung von Verkehrssituationen und von Lokalisierung und Dynamik relevanter Informationsträger (Verkehrsteilnehmer, Beschilderung, etc.), aus der eine Unterteilung des umgebenden Verkehrsraumes nach Sicherheitsrelevanz (Unfalldaten/Gefährdungspotentiale) entwickelt werden kann. Dies ermöglicht die Definition eines sichtidealen Fahrzeugs, das eine ungehinderte Sicht auf all diese Umgebungsbereiche zulässt und als Referenz zur Beurteilung realer Fahrzeuge dient (Barnoski et al. 1970). Die Leitfrage lautet hier: „Was muss der Fahrer für eine sichere Fahrzeugführung sehen können?“ Der wesentliche Nachteil daran stellt die hohe Anzahl verschiedener Verkehrssituationen (29 Mio, Benda et al. 1983) dar, die systematisiert berücksichtigt werden müssen und höchste Sorgfalt bei der Wahl geeigneter Reduzierungsstrategien erfordert.

Ziel des empirischen Ansatzes ist es dagegen, das tatsächliche Blickzuwendungsverhalten des Fahrers zu untersuchen um daraus eine Gewichtung der Durchsichtsf lächen im Fahrzeug abzuleiten. Dieser Herangehensweise liegt die Annahme zu Grunde, dass Blickdichteverteilung und Relevanz des jeweiligen Sichtbereichs korrelieren, was gleichzeitig den Hauptnachteil dieses Ansatzes darstellt. Tabelle 1 fasst die Vor- und Nachteile der beiden Ansätze zusammen.

**Tabelle 1:** Gegenüberstellung grundsätzlich möglicher Ansätze zur Einteilung von Sichtbereichen

	Theoretischer Ansatz	Empirischer Ansatz
+	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Systematische, ganzheitliche Betrachtung</li> <li>• Unfalldaten als belastbares Gewichtungsfundament</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Methodik erfasst die tatsächliche Blickverteilung</li> <li>• Systematische Fehler werden vermieden</li> </ul>
-	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zahl permutierter Verkehrssituationen:               <ul style="list-style-type: none"> <li>• ca. 29 Mio</li> </ul> </li> <li>• Hohe Anforderungen an Reduktionsstrategien</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Blickverteilung = Funktion der dargebotenen Szenarien</li> <li>• hohe Anforderungen an die Streckenauswahl.</li> <li>• Sicherheitsrelevanz und Frequentierung der Sichtbereiche müssen a priori nicht korrelieren.</li> <li>• Rückwirkungsfreies Untersuchungskonzept erfordert verdeckungsfreies Fahrzeug („Glaskuppelfahrzeug“).</li> </ul>

Die Blickdichteverteilung im Fahrzeug wird stets von der dargebotenen Situation bzw. von der Häufigkeit bestimmter Situationen innerhalb eines Versuchsablaufs abhängen, sodass das Vorhandensein nichtfahrzeugführungsrelevanter Informationsträger oder die spezielle Gestaltung der Untersuchungsstrecke dazu führen kann, dass es zu einer fehlerhaften bzw. teststreckenspezifischen Gewichtung der Sichtbe-



reiche kommt. Andererseits berücksichtigt sie in gewisser Weise, dass die subjektive Beurteilung sicherer Sichtgestaltung nicht zwangsläufig mit einer objektiven Beurteilung korrelieren muss. Sondern dass sie von der Sichtbarkeit anderer als der fahrtrelevanten Objekte beeinflusst werden kann.

### *3.2 Konzeption eines neuen Verfahrens zur Sichtbeurteilung*

Um unterschiedliche Sicherheitsrelevanz von Verkehrssituationen und tatsächliche Blickverteilung des Fahrers in einem Ansatz zur Sichtbereichseinteilung zu berücksichtigen, soll ein zweistufiges Verfahren zur Anwendung kommen. Die erste Stufe stellt die Analyse von Gefährdungsniveaus anhand von Unfalldaten dar. Hieraus ermittelt sich eine Grobgewichtung verschiedener realtypischer Szenarien. Diese werden in der zweiten Stufe in verschiedenen Ausprägungsformen in Fahrversuchen bzgl. ihrer spezifischen Blickdichteverteilung untersucht um hieraus situationsspezifische Feingewichtungen einzelner, kleiner Raumwinkelbereiche zu erhalten.

Zur Gesamtunterteilung und -gewichtung der Rundumsicht werden diese Feingewichtungen der untersuchten Situationen jeweils mit den übergeordneten Grobgewichtungen multipliziert und aufaddiert. So entsteht eine Unterteilung, die die tatsächliche Blickverteilung in abgrenzbaren Situationen unterschiedlicher Relevanz berücksichtigt. Der Vorteil dieses Ansatzes besteht überdies darin, dass er es ermöglicht eine Bibliothek von situationsspezifischen Blickdichteverteilungen zu generieren, die dann, für verschiedene realtypische Nutzungsprofile gewichtet, zusammengesetzt werden können. Hierdurch wird es beispielsweise möglich, den spezifischen Sichtbedarf eines innerstädtischen Taxifahrers gegenüber dem eines überregional tätigen Handelsvertreters, der sich vorwiegend auf Autobahnen und Landstraßen bewegt, abzugrenzen und so eine nutzungsspezifische Sichtgestaltung und –beurteilung zu ermöglichen.

## **4. Literatur**

1. ADAC 2008, Vielen fehlt der Durchblick. Im Internet verfügbar unter: <http://www1.adac.de/Tests/autotest/rundumsicht/default.asp?TL=2#atcm:8-130236>. - 16.12.2009.
2. Barnoski, R.L., Maurer, J.R. & Kugler, B.A. 1970, Assessment of Automotive Visibility by a Figure of Merit. In: C.R. Briggs & F.P. Malschaert (Hrsg.), 1970 International Automobile Safety Conference Compendium. Detroit, Michigan: Society of Automotive Engineers, Inc., S. 644 – 676.
3. Benda, H., Hoyos, C. Graf & Schaible-Rapp, A. 1983, Forschungsberichte der Bundesanstalt für Straßenwesen. Bereich Unfallforschung. Köln: Bundesanstalt für Straßenwesen.
4. Donges, E. 2009, Fahrerverhaltensmodelle. In: H. Winner, S. Hakuli & G. Wolf (Hrsg.), Handbuch Fahrerassistenzsysteme - Grundlagen, Komponenten und Systeme für aktive Sicherheit und Komfort. Wiesbaden: Vieweg+Teubner Verlag, S. 15-23.
5. Klangwald, M. & Branke, M. 2007, Nur eine Sekunde keinen Durchblick, AutoBild 2007, Nr. 20/2007, 18-30.
6. WHATCAR?, Visibility Tests 2003. Im Internet verfügbar unter: <http://www.whatcar.com/car-news/visibility-tests-2003/b-how-the-tests--b--were-done/178348>. - 09.09.2003.
7. Rockwell T.H. 1972, Skills, judgement and information acquisition in driving. In: T.W. Forbes (Hrsg.), Human factors in highway traffic safety research. New York, NY: Wiley-Interscience, S. 133-164.
8. Vollrat, M. & Briest, S. 2008, "Ich habe den einfach nicht gesehen" - Ursachen für menschliche Fehler bei Autounfällen. In: J. Schade & A. Engeln (Hrsg.), Fortschritte der Verkehrspsychologie - Beiträge vom 45. Kongress der Deutschen Gesellschaft für Psychologie. Wiesbaden : VS Verlag für Sozialwissenschaften / GWV Fachverlage GmbH, S.143-155.



## Ergotyping-Tool „Sichtbewertung“

Christiane KAMUSELLA und Martin SCHMAUDER

*Institut für Technische Logistik und Arbeitssysteme,  
Professur für Arbeitswissenschaft, Technische Universität Dresden,  
D-01062 Dresden*

**Kurzfassung:** Der Begriff Ergotyping, ein Kunstwort aus Ergonomie und Prototyping steht als Oberbegriff für die Nutzung von Methoden und digitalen Werkzeugen – hier digitale Menschmodelle – zur Analyse, Bewertung und Gestaltung ergonomischer Aspekte im Digital Prototyping. Ergonomie-Tools umfassen dabei Analyse- und Bewertungsverfahren einschließlich ihrer Datenquellen. An der Mensch-Maschine-Schnittstelle sind die für Elemente der Informationsaufnahme geltenden ergonomischen Anforderungen in den Gestaltungsprozess einzubeziehen. Das betrifft z. B. optische Anzeigeeinrichtungen, die u. a. in Maschinen, Anlagen, Mess- und Bildschirmgeräten, Instrumententafeln, Steuer- und Überwachungskonsolen eingesetzt werden. Anhand des entwickelten Ergotyping-Tools „Sichtbewertung“ werden Umsetzungsstrategien aufgezeigt, wie Ergonomieaspekte insbesondere unter Beachtung von Sicherheits- und Gesundheitsanforderungen nach Geräte- und Produktsicherheitsgesetz aufbereitet und in geeignete Lösungen überführt werden können. Ergebnisansätze fokussieren hauptsächlich auf eine Anwendung in kleinen und mittleren Unternehmen und damit auf Fachingenieure mit geringem ergonomischem Expertenwissen.

**Schlüsselwörter:** Ergonomiewerkzeuge, Maschinensicherheit, Menschmodelle, optische Anzeigesysteme.

### 1. Einleitung

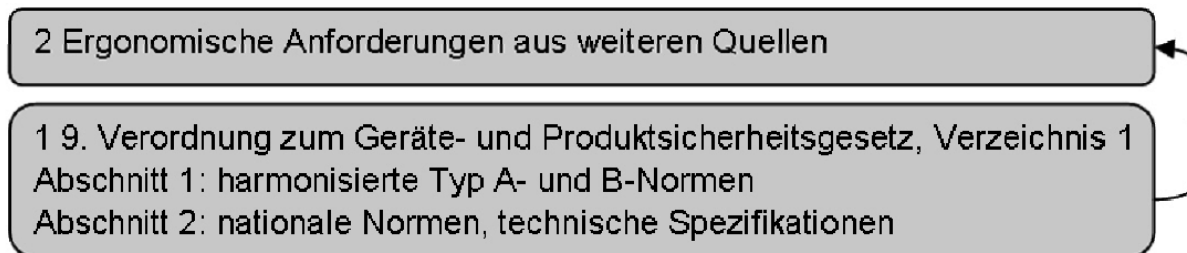
Ergotyping stellt eine Komponente des Prototypings dar, wobei schwerpunktmäßig die Vorgehensweise des Digital Prototypings angesprochen wird, da in der Regel digitale Prototypen eingesetzt werden. Zweck des Ergotypings ist eine möglichst frühzeitige optimale Synthese von technischer Funktionalität und Wechselwirkung mit dem Menschen nach ergonomischen Erfordernissen. Ergotyping kommt bei der Planung von Mensch-Maschine-Systemen zum Einsatz. Es untersucht dessen Komponenten mit digitalen Ergonomiewerkzeugen und -methoden nach ergonomischen Aspekten in der Produkt-, Produktionsergonomie, digitalen Fabrik sowie in der kognitiven Ergonomie.

Für die Produktergonomie lassen sich ergonomische Anforderungen generell aus dem Stand der Technik und aus den anerkannten Regeln der Technik ableiten. Orientiert sich die Aufbereitung ergonomischer Bewertungskriterien im Ergotyping an Inhalten des Vorschriften- und Regelwerkes zur Produktsicherheit, kann der Hersteller von Produkten bei der Erfüllung seiner gesetzlichen Pflichten unterstützt werden.

Ergonomische Inhalte in Normen lassen sich in nutzer- und produktorientierte Merkmale mit entsprechenden Unteraspekten gruppieren. Diese Gliederung bietet eine geeignete Grundlage zur Strukturierung von Ergotyping-Komponenten und unterstützt bei einer systematisierten Einbindung ergonomischer Anforderungen.

## 2. Stufenmodell für die Umsetzung ergonomischer Aspekte in Analyse- und Bewertungsmodulen digitaler Menschmodelle

Für Produkte können harmonisierte Normen der Normenverzeichnisse des Geräte- und Produktsicherheitsgesetzes zur Ermittlung des Standes der Technik herangezogen werden. Die Beachtung normativer Vorgaben wird für die Maschinenergonomie explizit in Rechtsverordnungen gefordert. Für die Aufbereitung ergonomischer Einzelerkenntnisse aus diesen verschiedenen Erkenntnisquellen wurde für den Bereich der Maschinenergonomie ein Stufenmodell entwickelt (vgl. Abbildung 1).



**Abbildung 1:** Stufenmodell für die Umsetzung ergonomischer Aspekte für den Bereich der Maschinenergonomie

Stufe 1 setzt produktübergreifende ergonomierelevante Inhalte harmonisierter Typ A- und B-Normen (Grund- und Produktnormen) als einzuhaltende Mindestforderungen um. Dazu wurde Abschnitt 1 des Normenverzeichnisses der Maschinenverordnung herangezogen. Sofern keine harmonisierten Normen vorliegen, können die als hilfreich und wichtig erachteten nationalen Normen und technischen Spezifikationen des Abschnitts 2 des Normenverzeichnisses genutzt werden.

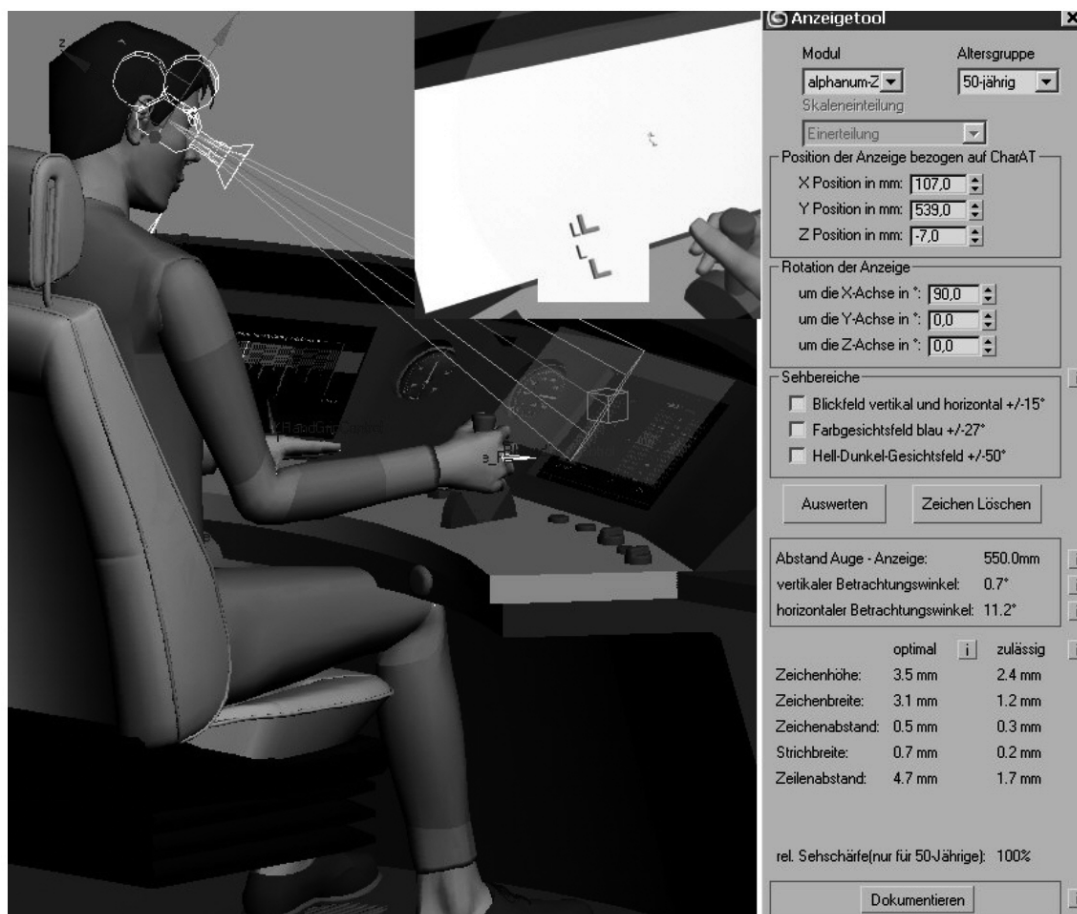
Stufe 2 stützt sich auf ergonomische Anforderungen aus weiteren Quellen (z. B. staatliches Vorschriften- und Regelwerk, Regelwerk der Unfallversicherungsträger, gesicherte arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse, Fachliteratur u. a.).

Das entwickelte Ergotyping-Tool „Sichtbewertung“ orientiert sich bei der Recherche und Aufbereitung ergonomierelevanter Inhalte an diesem Stufenmodell. Die systematisierte Aufbereitung von Kenngrößen zur Auslegung optisch wahrnehmbarer Anzeigen erfolgte für CharAT (Character-Animations-Tool), ein als plugin in die Animations- und Modellierungssoftware 3dsmax eingebundenes Menschmodell.

## 3. Programmmodul „Sichtbewertung“ für das Menschmodell CharAT

Das Ergotyping-Tool (vgl. Abbildung 2) betrachtet von den in Form von Leitsätzen, Merkmalsaussagen und Vorgehensweisen vorliegenden ergonomischen Anforderungen nutzer- und produktorientierte Parameter zur Ausführung von Analog- und Digitalanzeigen und hinterlegt sie jeweils mit Merkmalen nach Stufe 1 und Stufe 2. Die entwickelten prototypischen Programmmodule lassen eine Berechnung und Darstellung von Bildzeichen, alphanumerischen Elementen und analogen Skalen mit Einer-, Zweier- und Fünfteilung auf einer Anzeigefläche zu. Eine quadratische Form verkörpert das Bildzeichen, da das Auge in vertikaler und horizontaler Richtung ein gleiches Auflösungsvermögen besitzt. Als alphanumerisches Element wurde ein „L“ verwendet, um spezifische weitere Parameter abzubilden, die analoge Skale wird als Linearskala repräsentiert. Diese Zeichen werden in Abhängigkeit vom Sehabstand des Menschmodells zur Anzeigefläche mit optimalen und zulässigen Parametern er-

zeugt. Unter Beachtung der Entfernung und Ausrichtung einer Anzeigefläche zum Auge werden altersabhängiger minimaler und ermüdungsfreier Nahpunkt für verschiedene Nutzer, Sehschärfeveränderungen sowie Betrachtungswinkel bestimmt und gewertet. Sehfelder können in einer Szene eingeblendet werden. Eine Anzeigefläche ist mit der Augenkamera von CharAT verbunden und steuert gleichzeitig Augen- und Kopfbewegung. Position und Rotation der Anzeigefläche in Bezug zum CharAT-Auge können über Transformationsregler oder über die direkte Werteeingabe im User-Interface des Programmmoduls beeinflusst werden. Berechnungsergebnisse zu den Anzeigeparametern und weitere ergonomische Bewertungen werden in Rollouts und Message-Boxen ausgegeben.



**Abbildung 2:** Ergotyping-Tool „Sichtbewertung“

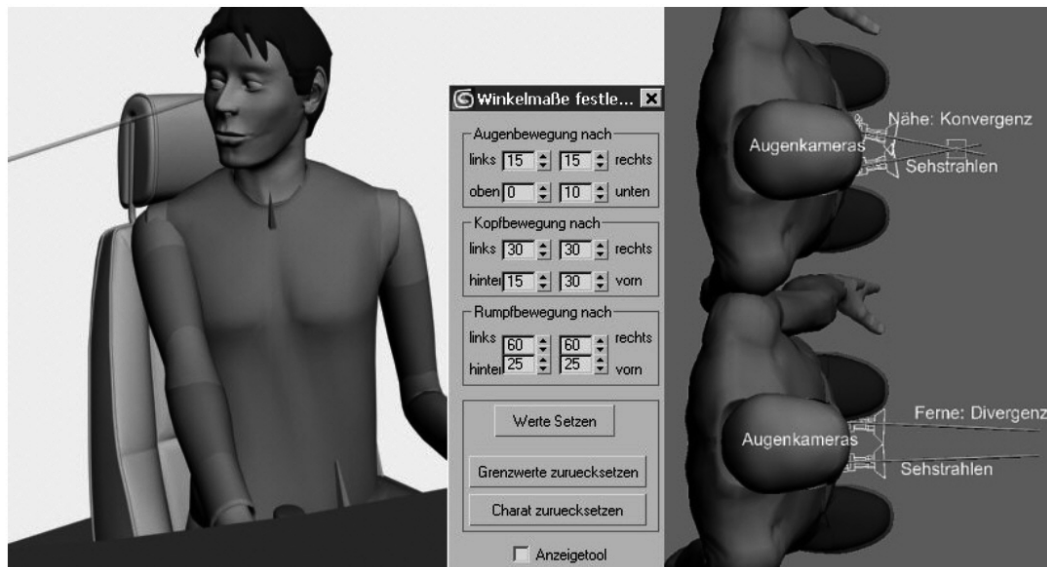
Für den Sehabstand werden Richtwerte in Abhängigkeit von den Genauigkeitsanforderungen der Sehaufgabe empfohlen. So wird zwischen Entdeckungs- und Erkennungsaufgaben unterschieden. Der Sehwinkel als der Winkel, dessen Scheitel am CharAT-Auge liegt und dessen Schenkel das Sehobjekt auf der Anzeigefläche einschließen, beeinflusst die Zeichengröße. Unter Nutzung empfohlener und zulässiger Sehwinkelwerte werden Zeichenhöhen in Abhängigkeit vom Sehabstand quantitativ im User-Interface und grafisch in der Szene ausgegeben.

Sie Sehachse sollte bei Blick auf eine Sehfläche dem Verlauf der Flächennormalen folgen. Bei schräger Aufsicht, die zu Parallaxenfehlern und Verzerrungen der Sehzeichen führt, sind in Abhängigkeit von der Höhe der visuellen Qualitätsbewertung innerhalb einer Sehaufgabe zulässige Grenzabweichungen für horizontale und vertikale Betrachtungswinkel zu beachten. Werden diese durch die Ausrichtung der

Anzeigefläche zur CharAT-Sehachse überschritten, erscheint eine Meldung in einer Message-Box.

Von der Fähigkeit des menschlichen Auges, auf unterschiedliche Sehabstände fokussieren zu können (Akkommodation), wird im Programmmodul die Nahakkommodation einbezogen. Über eine Berechnung des altersabhängigen Akkommodationsnahpunktes bis zu einem berücksichtigten Lebensalter, bei dem gerade noch keine Brille vorausgesetzt werden kann (ca. bis 50 Jahre), erfolgt bei interaktiver Platzierung einer Sehfläche vor dem CharAT-Auge eine Bewertung des Sehabstandes nach zwei Kriterien. Passiert das Sehobjekt die altersabhängigen Grenzen der Gebrauchssakkommodation, bei der eine bequeme Scharfstellung der Linse ermüdungsfrei und über längere Zeit gewährleistet ist, erscheint ein Hinweis mit Angabe der aktuellen Gegenstandsweite. Die Unterschreitung des kürzesten Sehabstandes für die altersabhängige maximal mögliche Brechkraftänderung, bei der scharfes Sehen gerade noch und nur temporär denkbar ist, löst eine entsprechende Warnmeldung aus.

Eine Reduzierung der minimalen Gegenstandsweite führt zur Defokussierung des Sehobjektes. Diese durch zunehmende Defokussierung verminderte Sehschärfe wird anhand von hinterlegten Visuswerten berechnet und im Modul dynamisch ausgegeben.



**Abbildung 3:** Serielle Auge-Kopf-Körper-Motorik bei Sehziefixierung und gegensinnige Augenbewegung von CharAT (rechts)

Der Nachweis verwendeter ergonomischer Datenquellen erfolgt über Abruf von Informationsboxen. Ebenso lässt das Programmmodul eine Dokumentation zu.

Über die Simulation einer sehzielgesteuerten gegensinnigen Augenbewegung werden die Augenachsen von CharAT bei Fokussierung eines Sehobjektes sehentfernungsabhängig ausgerichtet (fusionale Vergenz), was für die Darstellung monokularer Sicht und Sehfelder von Bedeutung ist. Zum Anvisieren von Sehobjekten kann der Sehstrahl derart sehzielgesteuert werden, dass eine serielle Auge-Kopf-Körper-Motorik innerhalb interaktiv voreingestellter Komfortbereiche stattfindet (vgl. Abbildung 3). Erst wenn die Augen ihr Bewegungslimit erreicht haben, versucht CharAT Kontakt zum Sehobjekt über Bewegung des Kopfes und später des Rumpfes herzustellen. Damit wird der Annahme Rechnung getragen, dass die Körpersegmente nicht alle gleichzeitig in eine Bewegung einsetzen, sondern erst nach Überschreitung ihrer elastischen Muskelspannungsgrenzen.



## Präsenz in virtuellen Umgebungen: Nachweis realitätsnaher Haltungsänderungen beim Spurwechsel in einer Fahrsimulation

Dietmar GUDE, Peter HOFMANN und Gerhard RINKENAUER

*IfADo – Leibniz-Institut für Arbeitsforschung an der TU Dortmund,  
Ardeystrasse 67, D-44139 Dortmund*

**Kurzfassung:** Nach dem Behavioural Realism Paradigm (BRP) kann das Verhalten in virtuellen Umgebungen und sein Grad der Übereinstimmung mit dem in realen Umgebungen ein objektives Maß für die Präsenz in virtuellen Umgebungen liefern. Diese Auffassung wurde in einem Experiment in einem fixed-base Fahrsimulator mit einer großflächigen stereoskopischen Projektion untersucht. Dabei wurde erwartet, dass analog zu einer realen Fahrsituation laterale Bewegungen des Oberkörpers ausgeführt werden, obwohl in der virtuellen Umgebung keine Zentrifugalkräfte auftreten. In dem Experiment bearbeiteten die Probanden eine Spurwechselaufgabe, wobei vorbereitende und imperative Reize zu Richtung und Weite des Spurwechsels angezeigt wurden. In Übereinstimmung mit dem BRP variierten die lateralen Bewegungen des Oberkörpers analog zu den Parametern des imperativen Reizes. Zudem waren sie besonders frühzeitig und ausgeprägt, wenn sich die Probanden auf den Spurwechsel vollständig vorbereiten konnten. Das bedeutet, dass die Handlungsvorbereitung die gesamte Körperhaltung mit einschließt, sie könnte beispielsweise von Fahrerassistenzsystemen für die Intentionsdiagnose und -vorhersage genutzt werden.

**Schlüsselwörter:** Virtuelle Realität, Behavioural Realism Paradigm, Fahrsimulation, Oberkörperbewegung.

### 1. Einleitung

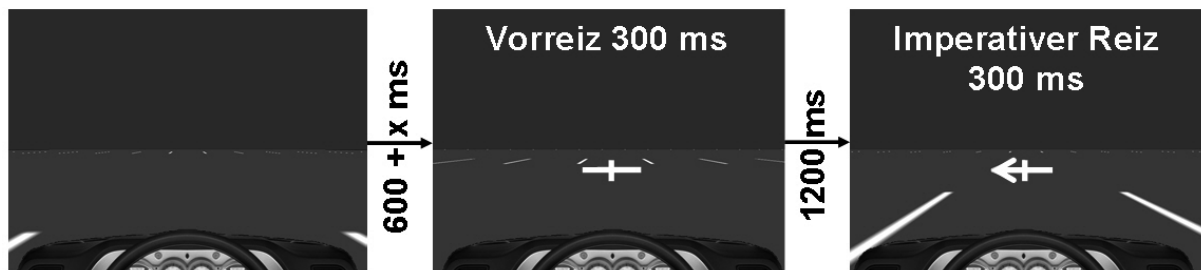
Der Begriff der virtuellen Realität wurde geprägt, um die Idee der Präsenz eines Menschen in einer computergenerierten Welt umzusetzen. Allgemeiner formuliert beschreibt dieses Konzept, als wie realitätsnah eine virtuelle Umwelt empfunden wird. Seine Operationalisierung beruht in der Regel auf subjektiven Einschätzungen in standardisierten Fragebögen (z.B. Witmer & Singer 1998). Alternativ besteht die Möglichkeit, objektive Merkmale des Verhaltens als Indikatoren heranzuziehen, etwa die unwillkürlichen Mitbewegungen des Oberkörpers bei simulierten Bewegungen eines Fahrzeugs (z.B. Hoshino et al. 1997; Freeman et al. 2000). Dieser als Behavioural Realism Paradigm (BRP) bezeichnete Ansatz geht davon aus, dass die Mitbewegungen umso stärker ausfallen, je höher der Grad der Präsenz ist. So konnten Freeman et al. (2000) nachweisen, dass sich Probanden bei der Darstellung eines Films aus der Fahrerperspektive „in die Kurve legen“, als Reaktion auf die unter normalen Umständen auftretenden Zentrifugalkräfte. Zudem war dieser Effekt bei einer stereoskopischen Darstellung ausgeprägter als bei einer monoskopischen.

Die Idee des BRP wurde in einem Experiment mit Hilfe eines fixed-base Fahrsimulators mit einer großflächigen stereoskopischen Projektion eingehender untersucht.

Zum Einen wurde geprüft, ob die Probanden bei der Durchführung der Fahraufgabe analog zu einer realen Fahrsituation bei Lenkbewegungen laterale Bewegungen des Oberkörpers ausführen. Zum Anderen wurde der Frage nachgegangen, inwieweit sich Vorinformationen, die zur Handlungsvorbereitung genutzt werden können, auf diese lateralen Bewegungen auswirken. In Laborexperimenten mit Spurwechselaufgaben, in denen durch entsprechende Hinweisreize Informationen zu Zeitpunkt, Richtung und Amplitude eines bevorstehenden Spurwechsels vermittelt wurden, konnten frühzeitigere und effizientere Lenkbewegungen nachgewiesen werden (Hofmann et al. 2008a, 2008b). Vergleichbare Effekte auf die laterale Bewegung des Oberkörpers würden die Möglichkeit eröffnen, diesen Aspekt bei der Identifizierung und Vorhersage von Intentionen in Fahrsituationen zu nutzen. Diese Erwartungen wurden anhand der Daten eines Laborexperiments überprüft, bei dem die Probanden eine solche Spurwechselaufgabe bearbeiteten (vgl. Hofmann et al. 2008b).

## 2. Methode

Die Fahraufgabe wurde auf einem Projektionstisch in stereoskopischer Form präsentiert, so dass die Probanden mit Hilfe von Verschlussbrillen einen dreidimensionalen Eindruck von der Situation erhielten. Die Fahrbahn verlief ausschließlich geradeaus und bestand aus einer für die Probanden nicht übersehbaren Menge von Fahrspuren. Sie steuerten mit Hilfe eines Lenkrades ein virtuelles Fahrzeug mit konstanter Geschwindigkeit von etwa 60 km/h über die Fahrstrecke. Zwischenzeitlich wurden Richtungspfeile in das zentrale Gesichtsfeld eingeblendet, worauf die Probanden schnellstmöglich mit einem entsprechenden Spurwechsel reagieren sollten. Die dabei auftretenden Bewegungen des Oberkörpers wurden mit einem elektromagnetischen Trackingsystem registriert.



**Abbildung 1:** Beispiel für den Ablauf eines Versuchsdurchgangs

Im Experiment wurden zudem die Auswirkungen einer inhaltlichen Vorbereitung auf den Spurwechsel untersucht. Hierzu wurden von jedem Probanden 768 Durchgänge bearbeitet, deren Ablauf in Abbildung 1 dargestellt ist. Jeder Durchgang begann mit einer zeitlich variablen Geradeausfahrt von mindestens 600 ms. Die Probanden erhielten dann einen Vorreiz, der den bevorstehenden Spurwechsel ankündigte. Mit einem konstanten Abstand von 1200 ms gab schließlich ein imperativer Reiz die Richtung und Amplitude des auszuführenden Spurwechsels an.

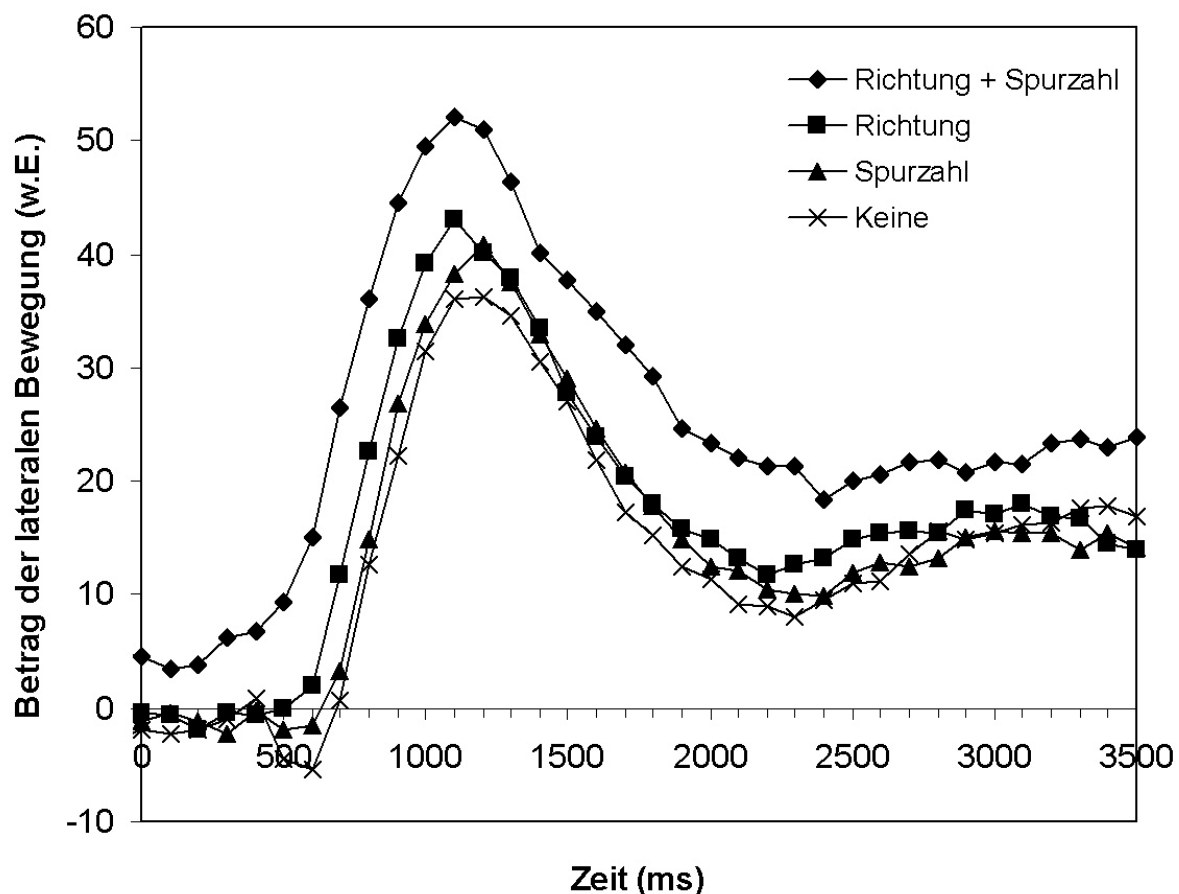
Insgesamt wurden 16 Bedingungen als Versuchsdesign mit vollständiger Messwiederholung realisiert. Dabei wurden zwei Merkmale des imperativen Reizes variiert, die Richtung (links vs. rechts) und die Amplitude des Spurwechsels (eine vs. zwei Spuren). Das Beispiel für den imperativen Reiz in Abbildung 1 fordert also zu einem Wechsel um eine Spur nach links auf. Zusätzlich wurden zwei Merkmale des Vorreizes variiert, ob die Information zu Richtung bzw. Amplitude dargestellt wurde



oder nicht. Im Beispiel für den Vorreiz in Abbildung 1 wird nur angegeben, dass auf den imperativen Reiz hin um eine Spur zu wechseln ist, die Richtung wird noch offen gelassen. Die Probanden erhielten demnach im Vorreiz keine, eine teilweise oder eine vollständige Information über den anstehenden Spurwechsel. Der imperative Reiz spezifizierte immer die vollständige für den Wechsel notwendige Information. Abhängige Variablen waren Beginn und Verlauf der Lenkbewegung, die resultierende laterale Position des virtuellen Fahrzeugs auf der Fahrspur sowie die laterale Bewegung des Oberkörpers.

### 3. Ergebnisse

Aus den Analysen geht hervor, dass die Probanden erwartungsgemäß nach dem imperativen Reiz laterale Bewegungen des Oberkörpers ausführten, die den Merkmalen des Spurwechsels entsprachen. D.h., die Richtung der Bewegung stimmte mit der Richtung des Spurwechsels überein, die Amplitude der Bewegung entsprach der Amplitude des Spurwechsels.



**Abbildung 2:** Laterale Bewegung des Oberkörpers nach dem Onset des imperativen Reizes ( $t = 0$  ms) für Bedingungen mit und ohne Vorinformationen zu Richtung und Weite des bevorstehenden Spurwechsels

In Abbildung 2 sind die Effekte der vorbereitenden Informationen auf die laterale Bewegung nach dem Erscheinen des imperativen Reizes dargestellt. Wie eingangs als Hypothese formuliert, konnte demnach auch beobachtet werden, dass die laterale Bewegung frühzeitiger auftrat und ausgeprägter war, wenn sich die Probanden auf

den Spurwechsel vorbereiten konnten. Dieser Effekt war besonders deutlich, wenn die Probanden zuvor sowohl über die Richtung als auch die Weite des Spurwechsels informiert worden waren. In dieser Bedingung war dann die laterale Bewegung des Oberkörpers über den gesamten Ablauf des Spurwechsels ausgeprägter. Zudem setzte sie bereits vor dem imperativen Reiz ein, was darauf hindeutet, dass die Probanden in dieser Bedingung bereits antizipierend die Bewegung ausführten.

#### 4. Diskussion

Insgesamt konnten mit den Ergebnissen des Experiments die Vorhersagen des BRP bestätigt werden. In Ergänzung zu Freeman et al. (2000) wurden in einer immersiven Fahrsimulation bei den Lenkbewegungen begleitende laterale Bewegungen des Oberkörpers registriert, die zudem in Richtung und Amplitude mit dem jeweils auszuführenden Spurwechsel übereinstimmten. Damit wird das Prinzip gestützt, wonach Verhaltensweisen aus realen in immersive virtuelle Umgebungen übertragen werden, auch wenn deren physikalische Grundlagen, hier die Zentrifugalkraft, nicht Bestandteil der Simulation sind.

Darüber hinaus wirkten sich vorbereitende Informationen systematisch auf die lateralen Körperbewegungen aus. Und zwar traten diese besonders frühzeitig und ausgeprägt auf, wenn sich die Probanden auf den Spurwechsel vollständig vorbereiten konnten. Hofmann et al. (2008a, 2008b) hatten bereits nachgewiesen, dass vorbereitende Informationen zu einer Beschleunigung des Spurwechsels und effizienteren Lenkbewegungen führen. Die vorliegenden Ergebnisse machen deutlich, dass sich Handlungsvorbereitung nicht nur auf Reaktionszeitebene, sondern zusätzlich auf behavioraler Ebene abspielt, die die gesamte Körperhaltung mit einschließt. Solche intentionalen Aspekte, die sich im Verhalten widerspiegeln, könnten von Fahrerassistenzsystemen z.B. für die Intensionsdiagnose und vorhersage genutzt werden.

#### 5. Literatur

1. Freeman, J., Avons, S.E., Meddis, R., Pearson, D.E. & IJsselstein, W.A. 2000, Using behavioural realism to estimate presence: A study of the utility of postural responses to motion stimuli, *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 9, 149-164.
2. Hofmann, P., Gude, D. & Rinkenauer, G. 2008a, Visuelle Informationsverarbeitung im Kontext von Head-Up-Displays: Vorbereitungseffekte auf kinematische Eigenschaften der Lenkbewegung in einer Spurwechselaufgabe. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg.), *Produkt- und Produktions-Ergonomie – Aufgabe für Entwickler und Planer*. Dortmund: GfA Press, S. 717-720.
3. Hofmann, P., Rinkenauer, G. & Gude, D. 2008b, Head-up-displays support response preparation in a lane change task. In: *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 52nd Annual Meeting*. Santa Monica, CA: Human Factors and Ergonomics Society, S. 1233-1237.
4. Hoshino, M., Takashi, M., Oyamada, K., Ohmi, M. & Yoshizawa, T. 1997, Body sway induced by 3D images. In: *Proceedings of the SPIE*, 3012, 400-407.
5. Witmer, B.G. & Singer, M.J. 1998, Measuring presence in virtual environments: A presence questionnaire, *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 7, 225-240.

# The influence of vehicle speed on gaze strategies while driving through a curve

Philipp SURY, Pier-Paolo MONTICONE, Philippe BLUM and Marino MENOZZI

*Technology and Innovation Management, ETH Zürich,  
Scheuchzerstrasse 7, CH-8092 Zürich*

**Abstract:** In the last 15 years of eye movements research while driving a car, two seemingly contradictory models evolved: looking at the tangent point on one hand and gaze sampling on the other. This research is going to test whether vehicle speed plays a moderator role for the eye movements and if there is a certain speed threshold that makes a driver's eye movement strategy flip.

**Keywords:** driving, flow, curves.

## 1. Introduction

Since the early 90s, research has been specifically done on where drivers look while driving through a curve. A variety of results have been published in the literature with several competing models.

Land (1994) described a model where a driver takes the so called tangent point on the inside bend of a curve as a point of reference to keep a stable trajectory. The tangent point of a curve is the point where the road reverses its direction (not in terms of geometry, but from the driver's subjective point of view). In a long curve, the tangent point travels with the driver. In a shallow curve, the tangent point becomes a single stationary point referred to as the apex. The idea behind the tangent point concept is that a driver uses the tangent point as a point of reference to determine the angle between the direction of heading and the direction of gaze. As long as this angle is successfully matched to the road curvature and remains stable, the driver can assume to safely pass the curve. The tangent point model is confirmed with additional empirical data by Land (Land & Horwood 1995; Land & Tatler 2001) and various other authors (Chattington et al. 2006; Wilson et al. 2006; Boer 2006; Marple-Horvat et al. 2006; Kandil et al. 2009).

On the other hand, several authors around Wilkie & Wann (Wann & Swapp 2000; Wilkie & Wann 2003; Field et al. 2007; Robertshaw & Wilkie 2008) promote a model called gaze sampling where a driver iteratively gazes at the intended path to check the steering line. Effective steering is achieved by moving gaze forward as the road curvature changes, thereby splining different path segments. According to Wilkie & Wann (2003), monitoring to detect understeer and oversteer does not require precise estimation of the acceleration components of the flow field and the visual system only needs to detect whether there is any change in the direction of motion for salient elements close to the path and the nominal direction of that change. Robertshaw & Wilkie (2008) even found that in their experiment there was no evidence for extensive tangent point fixation and enforced tangent point fixation didn't improve steering at all, so they directly contradict the work in the previous paragraph.

Assuming the integrity of all the listed work, it is obvious that there must be a more complex model that is able to unite the seemingly contradictory evidence. Kandil et al. (2009) remark that the research in the group around Wilkie & Wann featured

much slower movements of the observer/vehicle than in the research confirming the tangent point model. Therefore, we assume there could be a speed threshold that makes a driver's gaze strategy flip. In our experiment, we do exploratory research to check if such a threshold exists and at which vehicle speed it is to be found.

## 2. Methods

Participants will be repeatedly asked to drive at a given speed (between 5 and 50 km/h) on a prerecorded track in a driving simulator while they are told to either use the tangent point or the gaze sampling method. The experimental conditions will be fully balanced. Eye movements and the lateral position of the vehicle will be recorded.

### 2.1 Experimental Set-up

The equipment used in this research is a custom built driving simulator donated by Robert Bosch GmbH. The projection system (Barco SIM5) has a light output of up to 5'000 ANSI lumens (measured with a CLD 1.6-2.4:1 lens), a black/white contrast of up to 5'000:1, a native resolution of 1400x1050, and stereo infitec filters, which allow to project a flicker free image and complete freedom of head movement. The projection system allows a field of view (HxV) of 49.12°x37.85°.

The head tracker is from Ascension Technology Corporation (ATC). It allows a positional range of  $\pm 48''$  in any direction,  $\pm 180^\circ$  in azimuth and roll, and  $\pm 90^\circ$  in elevation. It has a static positional accuracy of 0.07" RMS, a positional resolution of 0.03" at 12", a static angular accuracy of 0.5° RMS, and an angular resolution of 0.1° RMS at 12".

The eye tracker is an ASL Eye-Track 6000 with head mounted optics that track at 60Hz. It allows a participant to gaze freely with no restrictions to the head movements. The measurement method employed is the pupil-cornea reflection that provides an accuracy of 0.5° of visual angle at a resolution of 0.10° of visual angle.

The dial PC control system is made of two standard Dell computers. One works as the projection PC whereas the other is the measurement PC. Steering wheel and pedals are standard products from Logitech. To project 3D images, the VRED software by PI-VR GmbH is being used. To retrieve the data, customized programs are being run in Labview (National Instruments) and Matlab (The Mathworks).

## 3. Results

Results will be presented at the conference. However, based on the existing literature we assume that the gaze sampling method will only be successful at low vehicle speeds.

## 4. References

1. Boer, E. 2006, Perceptual balance model for lateral position choice in curve negotiation. In: A. Gale (Ed.), Vision in Vehicles 11: Programme & Abstracts. Leicestershire: Applied Vision Research Center, S. 14.

2. Chattington, M., Wilson, M. & Marple-Horvat, D. 2006, Eye-steering coordination in natural driving. In: A. Gale (Ed.), *Vision in Vehicles 11: Programme & Abstracts*. Leicestershire: Applied Vision Research Center, S. 13.
3. Field, D., Wilkie, R. & Wann, J. 2007, Neural systems in the visual control of steering, *Journal of Neuroscience*, 27, 8002-8010.
4. Kandil, F., Rotter, A. & Lappe, M. 2009, Driving is smoother and more stable when using the tangent point, *Journal of Vision*, 9(1):11, 1-11.
5. Land, M. F. & Horwood, J. 1995, Which parts of the road guide steering?, *Nature*, 377, 339-340.
6. Land, M. F. & Lee, D. N. 1994, Where we look when we steer, *Nature*, 369, 742-743.
7. Land, M. F. & Tatler, B. W. 2001, Steering with the head: The visual strategy of a racing driver, *Current Biology*, 11, 1215-1220.
8. Marple-Horvat, D., Cooper, H. & Gilbey, S. 2006, Drink-driving badly affects the relationship between eye movements and steering. In: A. Gale (Ed.), *Vision in Vehicles 11: Programme & Abstracts*. Leicestershire: Applied Vision Research Center, S. 14f.
9. Robertshaw, K. & Wilkie, R. 2008, Does gaze influence steering around a bend?, *Journal of Vision*, 8(4):18, 1-13.
10. Wann, J. & Swapp, D. 2000, Why you should look where you are going, *Nature Neuroscience*, 7, 647-648.
11. Wilkie, R. & Wann, J. 2003, Controlling steering and judging heading, *Journal of Experimental Psychology*, 29, 363-378.
12. Wilson, M., Stephenson, S., Chattington, M., & Marple-Horvat, D. 2006, Eye movements coordinated with steering benefit performance even when vision is denied. In: A. Gale (Ed.), *Vision in Vehicles 11: Programme & Abstracts*. Leicestershire: Applied Vision Research Center, S. 13f.





## Response Priming in einer Spurwechselaufgabe

Peter HOFMANN, Dietmar GUDE und Gerhard RINKENAUER

*Leibniz-Institut für Arbeitsforschung an der TU Dortmund,  
Ardeystr. 67, D-44139 Dortmund*

**Kurzfassung:** Response Priming stellt einen experimentellen Zugang zur Untersuchung der Handlungsvorbereitung dar. In unserer Untersuchung wurde das Response Priming im Kontext einer Spurwechselaufgabe eingesetzt. Wir erwarteten einen Einfluss der Validität der Vorinformation auf Reaktionszeit und kinematische Parameter der Lenkbewegung. Der gefundene Validitätseffekt lässt vermuten, dass Ähnlichkeiten in der Planung von reziproken Zeige- und Lenkbewegungen bestehen. Die kinematischen Ergebnisse deuten an, dass Vorbereitung insbesondere die Planung des ersten Umkehrpunktes der Lenkbewegung unterstützt.

**Schlüsselwörter:** Spurwechselaufgabe, Priming Paradigma, Lenkbewegung.

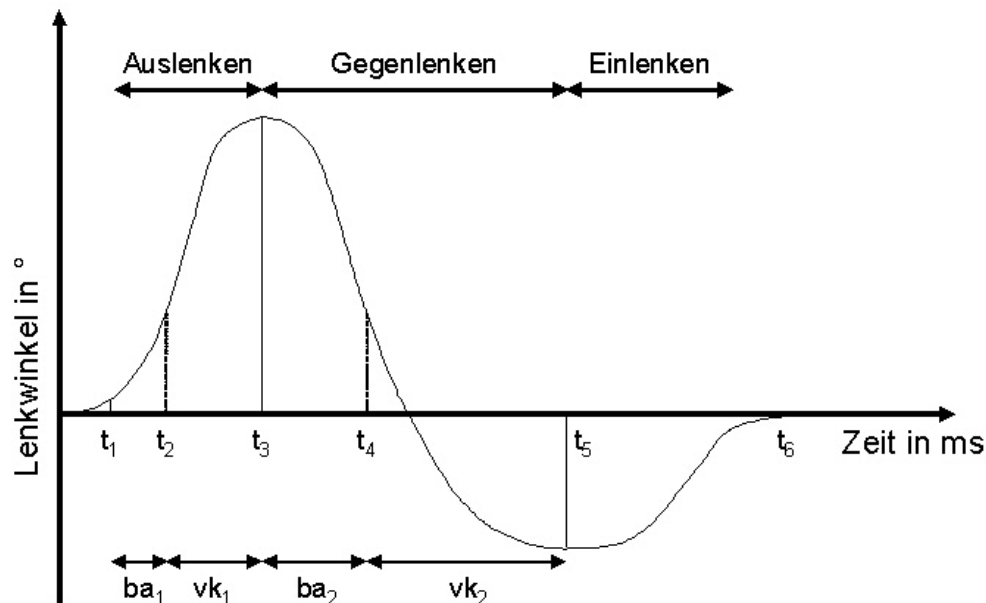
### 1. Einleitung

Die Grundlagenpsychologie stellt gut überprüfte experimentelle Paradigmen bereit, die prinzipiell auch dem Praktiker erlauben, bestimmte Fragestellungen gezielt zu beantworten. Zu diesem Zweck muss jedoch zuerst demonstriert werden, dass die Ergebnisse in den Grundlagen und in der Anwendung einerseits ähnlich ausfallen und dass andererseits zusätzliche Erkenntnisse gewonnen werden können. Das Response Priming Paradigma (z.B. Larish & Frekany 1985) stellt einen experimentellen Zugang zur Untersuchung der Handlungsvorbereitung dar. In einer solchen Aufgabe sagt ein Hinweisreiz (Prime) einen Zielreiz mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit korrekt vorher. Das bedeutet, Prime und Zielreiz können übereinstimmen (valider Durchgang) oder nicht übereinstimmen (invalider Durchgang). Zusätzlich kann es neutrale Durchgänge geben, in denen der Prime nur eine zeitliche, jedoch keine inhaltliche Vorbereitung auf den Zielreiz erlaubt. Das bekannte Ergebnis im Response Priming Paradigma ist der Validitätseffekt. Er besteht in kürzesten Reaktionszeiten (RT) für valide, längeren RT für neutrale und längste RT für invalide Durchgänge. Vermutlich bildet der Validitätseffekt zeitintensive Umprogrammierungsprozesse der Bewegungsausführung ab: Parameter eines Bewegungsprogramms müssen bei invalider Vorbereitung neu spezifiziert werden (z.B. Lépine et al. 1989). Der Validitätseffekt tritt allerdings nur auf, wenn ein bestimmtes Mindestverhältnis von validen zu invaliden Durchgängen gewahrt wird. Gleichmaßen fällt dieser Effekt umso deutlicher aus, je höher dieses Verhältnis ist (Low & Miller 1999). In unserem aktuellen Experiment haben wir das Response Priming Paradigma in einer Spurwechselaufgabe eingesetzt. Wir nahmen an, dass sich auch in einer Fahraufgabe ein Validitätseffekt zeigen lässt und dass sich Handlungsvorbereitungseffekte auch in der Kinematik einer reziproken beidhändigen Lenkbewegung finden. Gemäß eigenen (Hofmann et al. 2008) und den Ergebnissen von van Donkelaar & Franks (1991) erwarteten wir Handlungsvorbereitungseffekte in den Bewegungsphasen um den ersten Umkehrpunkt der Lenkbewegung, der den meisten Planungsaufwand beanspruchen sollte.

## 2. Methode

Um inhaltliche Vorbereitungsprozesse während des Fahrens untersuchen zu können, wurde eine stereoskopisch präsentierte Spurwechselaufgabe verwendet (Hofmann et al. 2008). Die Fahrbahn verlief geradeaus und bestand aus mehreren Fahrspuren. Die Versuchspersonen (VP) steuerten ein virtuelles Fahrzeug mit konstanter Geschwindigkeit (ca. 60 km/h) und sollten auf mittels eines Head-Up-Displays eingeblendete Richtungspfeile schnellstmöglich mit einem Spurwechsel in die angegebene Richtung reagieren. In jedem Durchgang wurde den VP ein Prime, der die Richtung des kommenden Spurwechsels valide, neutral oder invalide vorhersagte, dargeboten. Auf den anschließenden Zielreiz sollten die VP schnellstmöglich mit einem Spurwechsel in die angegebene Richtung reagieren. Das virtuelle Fahrzeug sollte immer in der Mitte der jeweiligen Fahrspur gehalten werden.

Die Lenkbewegung eines prototypischen Spurwechsels wird durch drei Bewegungsphasen charakterisiert. Einem Auslenken in Richtung der Zielspur folgt ein Gegenlenken in Richtung der Herkunftsspur, bevor zurück in die neutrale Mittelstellung des Lenkrades eingelenkt wird (Godthelp 1985). Jede Phase lässt sich anhand der jeweiligen maximalen Lenkgeschwindigkeit in eine erste eher ballistisch und eine zweite eher visuell kontrollierte Teilphase zerlegen (Abbildung 1). In die Auswertung der Daten gingen nur die ersten beiden Bewegungsphasen (Auslenken, Gegenlenken) ein, da sich das Einlenken nicht ausreichend von den zur Spurhaltung kontinuierlich geforderten Lenkbewegungen abgrenzen ließ. Neben der RT wurden die Dauern der jeweiligen Teilphasen jeder einzelnen Lenkbewegung analysiert.



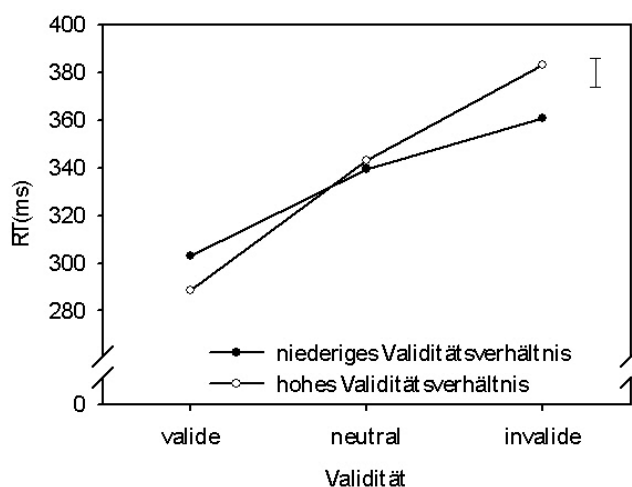
**Abbildung 1:** Prototypische Lenkbewegung beim Spurwechsel. t<sub>1</sub>: Reaktionsbeginn; t<sub>2</sub>: max. Lenkgeschwindigkeit Auslenken; t<sub>3</sub>: erster Umkehrpunkt der Lenkbewegung; t<sub>4</sub>: max. Lenkgeschwindigkeit Gegenlenken; t<sub>5</sub>: zweiter Umkehrpunkt der Lenkbewegung; t<sub>6</sub>: Ende des Einlenkens. ba<sub>1/2</sub>: 1./2. ballistische Phase; vk<sub>1/2</sub>: 1./2. visuell kontrollierte Phase

Das dreifaktorielle Messwiederholungsdesign enthielt die Faktoren Validitätsverhältnis (niedrig/hoch), Validität (valide/neutral/invalid) und Spurwechselrichtung (links/rechts). 50% aller Durchgänge wiesen einen neutralen Prime auf, die restlichen 50% aller Durchgänge waren entweder zu 75% valide und zu 25% invalide (niedriges

Validitätsverhältnis) oder zu 90% valide und zu 10% invalide (hohes Validitätsverhältnis). Als abhängige Variablen wurden die RT, die Dauern der kinematischen Phasen, Fehlerraten und die Spurwechselqualität erfasst. Es nahmen 12 VP teil (4 ♂, M = 23,42 Jahre, SD = 4,23 Jahre).

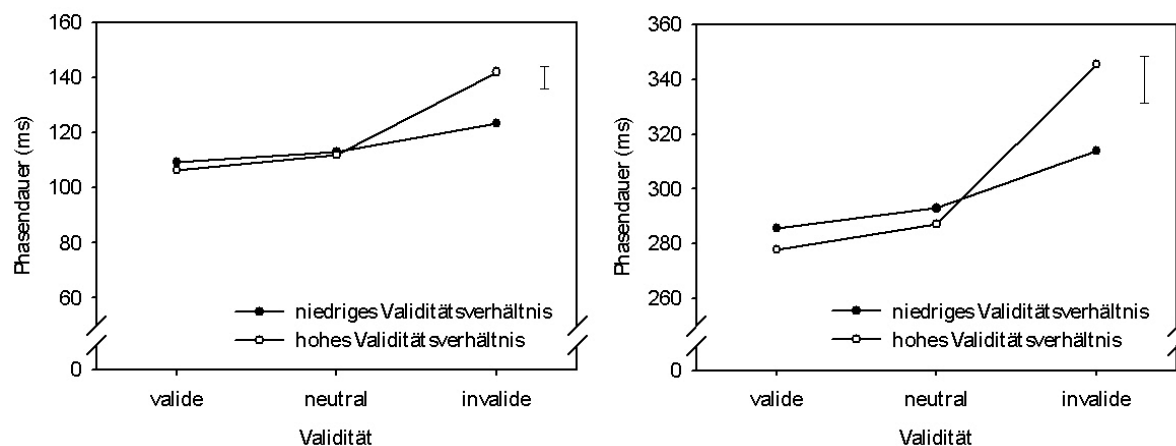
### 3. Ergebnisse

Es ergab sich ein deutlicher Validitätseffekt ( $F(2,22) = 51,83$ ,  $p < 0,01$ ). Alle paarweisen Einzelvergleiche der Validitätsbedingungen untereinander fielen signifikant aus (jeweils  $p < 0,01$ ). Eine Interaktion der Faktoren Validität und Validitätsverhältnis ( $F(2,22) = 11,50$ ,  $p < 0,01$ ) zeigte höhere RT-Kosten und RT-Gewinne im höheren Validitätsverhältnis (vgl. Abbildung 2).



**Abbildung 2:** RT in Abhängigkeit von Validität und Validitätsverhältnis

In der visuell kontrollierten Phase der Auslenkbewegung (vk1) und in der ballistischen Auftaktphase (vgl. Abbildung 3) der Gegenlenkbewegung (ba2) zeigten sich ebenfalls Validitätseffekte ( $F(2,22) = 15,09$ ,  $p < 0,01$  bzw.  $F(2,22) = 14,94$ ,  $p < 0,01$ ). Die jeweiligen paarweisen Einzelvergleiche fielen alle signifikant aus ( $p < 0,05$ ). Analog zum RT-Muster ergaben sich Interaktionen beider Faktoren in beiden Phasen ( $F(2,22) = 8,30$ ,  $p < 0,05$  bzw.  $F(2,22) = 6,43$ ,  $p < 0,05$ ).



**Abbildung 3:** Phasendauern der ersten visuell kontrollierten Phase (vk1, links) und der zweiten ballistischen Phase (ba2, rechts) in Abhängigkeit von Validität und Validitätsverhältnis

6,5% aller Durchgänge waren fehlerbehaftet und wurden ausgeschlossen. 54,5% aller Fehler waren Antizipationen, in 35,9% der fehlerhaften Durchgänge verließen die VP die Zielspur. Die restlichen Fehler verteilten sich auf zu langsame Reaktionen und Spurwechsel in die falsche Richtung.

#### 4. Diskussion

Der RT-Validitätseffekt im Response Priming Paradigma ist robust und tritt auch unter anwendungsnäheren Bedingungen, wie z.B. einer Fahraufgabe, auf. Das mit der Grundlagenforschung vergleichbare RT-Interaktionsmuster spricht für eine Übertragbarkeit der theoretischen Erklärungskonzepte auf die Handlungsvorbereitung unter komplexen Bedingungen. Darüber hinaus zeigen die kinematischen Ergebnisse, dass insbesondere die Bewegungsphasen um das erste Lenkwinkelmaximum von der Handlungsvorbereitung im Sinne einer effizienteren Lenkbewegung profitieren. Ebenso besteht eine Parallele zwischen der Planung einfacher Zeigebewegungen (van Donkelaar & Franks 1991) und der Planung komplexer beidhändig geführter Lenkbewegungen: die kinematischen Phasen um den ersten Umkehrpunkt einer reziproken Bewegung lassen sich durch Vorbereitung beeinflussen. Die sich in den Phasen direkt vor und direkt nach der Bewegungsumkehr spiegelnden Effekte lassen sich gemäß der „Movement-Integration“-Hypothese (Adam et al. 2000) durch eine neuromuskuläre Verschränkung beider Phasen erklären. Die Ergebnisse legen nahe, dass Informationsverarbeitungsprozesse, die auf Basis von Grundlagenexperimenten postuliert werden, in ähnlicher Weise im Fahrkontext auftreten können. Das hier verwendete Response Priming Paradigma könnte sich daher bei der Entwicklung von Fahrerassistenzsystemen, deren Ziel in einer bestmöglichen Unterstützung und Vorbereitung des Fahrers auf kommende Verkehrssituationen liegt, als hilfreich erweisen.

#### 5. Literatur

1. Adam, J.J., Nieuwenstein, J. H., Huys, R., Paas, F.G.W.C., Kingma, H., Willems, P. & Werry, M. 2000, Control of Rapid Aimed Hand Movements: The One-Target-Advantage, *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 26, 295-312.
2. Godthelp, H. 1985, Precognitive Control: Open- and closed-loop steering in a lane-change manoeuvre, *Ergonomics*, 28, 1419-1438.
3. Hofmann, P., Gude, D. & Rinkenauer, G. 2008, Visuelle Informationsverarbeitung im Kontext von Head-Up-Displays: Vorbereitungseffekte auf kinematische Eigenschaften der Lenkbewegung in einer Spurwechselaufgabe. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg.), *Produkt- und Produktions-Ergonomie – Aufgabe für Entwickler und Planer*. Dortmund: GfA-Press, S. 717-720.
4. Larish, D.D. & Frekany, G.A. 1985, Planning and Preparing Expected and Unexpected Movements: Reexamining the Relationships of Arm, Direction, and Extent of Movement, *Journal of Motor Behavior*, 17, 168-189.
5. Lépine, D., Glencross, D. & Requin, J. 1989, Some Experimental Evidence For and Against a Parametric Conception of Movement Programming, *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 15, 347-362.
6. Low, K.A. & Miller, J. 1999, The usefulness of partial information: Effects of go probability in the choice/nogo task, *Psychophysiology*, 36, 288-297.
7. van Donkelaar, P. & Franks, I.M. 1991, The effects of changing movement velocity and complexity on response preparation: Evidence from latency, kinematic, and EMG measures, *Experimental Brain Research*, 83, 618-632.

## **Innovative Gestaltungskonzepte**





## Nutzbarkeit taktiler Touchdisplays im Fahrzeug

Michaela KAUER, Michael SCHREIBER, Stephan HAKULI,  
Ralph BRUDER und Ahmed BASHA

*Institut für Arbeitswissenschaft, Technische Universität Darmstadt,  
Petersenstraße 30, D-64287 Darmstadt*

**Kurzfassung:** Im Rahmen des DFG-Forschungsprojekts Conduct-by-Wire wird eine Fahrerassistenz auf Bahnführungsebene entwickelt, die die Integration aller Fahrerassistenzsysteme in ein einheitliches Interaktionskonzept zum Ziel hat. Als Benutzerschnittstelle wurde die Verwendung eines taktilen Touchdisplays untersucht, um eine Adaption an die Fahrsituation zu ermöglichen. In einer Studie im kontrollierten Feld wurde der Einfluss der Fahrgeschwindigkeit auf die Nutzbarkeit der taktilen Rückmeldung untersucht. Es lässt sich zeigen, dass die Fahrgeschwindigkeit keinen Einfluss auf die Unterscheidbarkeit von Effektstärken hat.

**Schlüsselwörter:** taktile Rückmeldung, Touchdisplay, Fahrerarbeitsplatz, Fahrgeschwindigkeit.

### 1. Einleitung

Die fortschreitende technische Entwicklung der letzten Jahre hat zum Einzug einer erhöhten Anzahl von Fahrerassistenzsystemen in Oberklassefahrzeugen geführt. Zum jetzigen Zeitpunkt stehen Assistenzsysteme meist unverbunden nebeneinander und können so zu einer Überforderung des Fahrers führen. Es kann nicht gewährleistet werden, dass der Fahrer auf jedes Signal jedes Systems zu jederzeit adäquat reagieren kann. Auf dieser Grundlage wurden verschiedene Lösungsansätze entwickelt, die die Überforderung des Fahrers verhindern oder verringern sollen. Hierzu zählen Priorisierungsstrategien (Wolf 2006), neue Bedien- und Anzeigekonzepte (Kelsch et al. 2007) und neue Interaktionskonzepte (Winner et al. 2006a, 2006b; Flemisch 2004; Schreiber et al. 2009).

Conduct-by-Wire ist ein neues Interaktionskonzept, bei dem zusätzlich zur Integration der Anzeigen- und Bedienelemente der Fahrerassistenzsysteme eine Integration der Funktionalität stattfindet, so dass eine Assistenz auf Bahnführungsebene entsteht. Die Bahnführungsebene beinhaltet alle Entscheidungen über Sollspur und Sollgeschwindigkeit eines Fahrzeugs (Donges 1982), wie z.B. die Wahl des Fahrstreifens auf mehrstreifigen Straßen. Nicht enthalten sind Entscheidungen über das Fahrtziel und Zwischenstationen. Die Aufgabe des Fahrers besteht im Treffen von Entscheidungen (Wahl des passenden Fahrmanövers, z.B. links abbiegen), die Aufgabe des Fahrzeugs im Ausführen der Entscheidungen.

Für die Übergabe der Manöverbefehle zwischen Fahrer und Fahrzeug ist eine Manöverschnittstelle notwendig, um diskrete Signale zwischen Fahrer und Fahrzeug auszutauschen. Als vielversprechende Möglichkeit wurden taktile Touchdisplays ausgewählt. Diese können je nach Interfacegestaltung kontinuierlich oder diskret bedient werden. Vorteilhaft ist die Adaptivität der Displaytechnologie, da dies eine Anpassung der Interfacegestaltung an die Fahrumgebung ermöglicht. Ein weiterer Vorteil ist die verkürzte Bedienzeit taktiler Displays im Vergleich zu herkömmlichen Displays (Hoggan 2008). Erste Laboruntersuchungen des Instituts für Arbeitswissen-

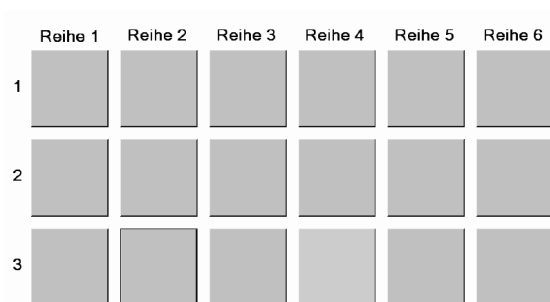
schaft zeigen, dass die Verwendbarkeit der taktilen Rückmeldung zur Codierung der Intensität eines Events eingeschränkt ist (Kauer et al. 2009). Da die taktile Rückmeldung über Vibration des Displays zustande kommt, stellt sich die Frage, ob taktile Touchdisplays für den Einsatz im Fahrzeug geeignet sind. Zur Klärung der Frage wurde eine Versuchsreihe im kontrollierten Feld bei realitätsnahen Fahrbedingungen durchgeführt.

## 2. Methode

Für die Versuche wurde der taktile Touchdisplaydemonstrator (8.4“) der Firma Immersion verwendet (Immersion 2009). Die taktilen Effekte sind hardwareseitig im Demonstrator hinterlegt, mit der Programmierung der grafischen Benutzeroberfläche im .net framework werden die gewünschten Effekte in der Software ausgewählt. Es stehen 47 taktile Rückmeldungen zur Auswahl, die in verschiedene Effektkategorien fallen (z.B. Einzelklick, Doppelklick) und sich innerhalb der Kategorien durch die Rückmeldungsstärke, -dauer und Wiederholungsrate unterscheiden.

Die Versuchsreihe wurde im kontrollierten Feld (Testgeländer der TU Darmstadt auf dem Augus-Euler-Flugplatz; Griesheim) durchgeführt, auf einer mit dem deutschen Straßennetz vergleichbaren Fahrbahn. Eine Versuchsfahrt bestand aus drei Einzelversuchen, die jeweils zweimal durchgeführt wurden. Dabei wurde jeder Versuch mit 50km/h und 70km/h durchgeführt. Die Startreihenfolge der Geschwindigkeit wurde über die Probanden randomisiert. In allen Versuchen waren die Probanden Beifahrer im Fahrzeug, um eine Gefährdung durch zu hohe Ablenkungszeiten auszuschließen. Als Versuchsfahrzeug diente ein Kleinwagen. Durch die geringe Dämpfung des Fahrwerks im Vergleich zu Oberklassefahrzeugen ist hier mit einer größeren Beeinträchtigung des Fahrers durch Eigenanregung zu rechnen. Die Ergebnisse stellen also die untere Grenze für die Leistungsfähigkeit eines Probanden auf ähnlicher Fahrbahn im Umgang mit dem Touchdisplay dar. Im Rahmen des ersten Einzelversuchs wurde die Frage geklärt, mit welcher Güte die Unterscheidung einzelner Effektstärken des gleichen Effekts machbar ist. Einzelversuch zwei beschäftigte sich mit der Unterscheidbarkeit verschiedener taktiler Effekte und in Einzelversuch drei wurde untersucht, ob eine taktile Rückmeldung einen zeitlichen Vorteil gegenüber rückmeldungsfreier Interaktion gibt. Die Darstellung der Versuchsergebnisse beschränkt sich auf Einzelversuch eins.

In Einzelversuch eins bekamen die Probanden jeweils 12 Dreierreihen mit Buttons gezeigt (vgl. Abbildung 1). In jeder Dreierreihe waren zwei Buttons mit gleichen taktilen Effekten belegt, wohingegen der dritte Button einen abweichenden taktilen Effekt als Rückmeldung abgab. Aufgabe der Probanden war die Identifikation des unterschiedlichen Buttons. Dieser Versuch ist die Replikation eines vorangegangenen Laborversuches, bei dem unterschiedliche Effektstärken ein und derselben Effektklasse (Einzelklick) unterschieden werden sollten (Kauer et al. 2009). Es wurden die Fehlerhäufigkeit und die Zeit, die jeder Proband zur Durchführung benötigte, pro Geschwindigkeit erfasst.

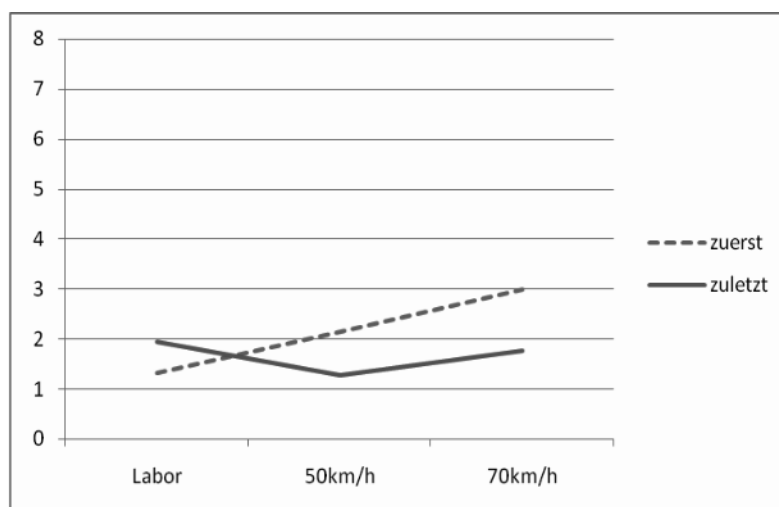


**Abbildung 1:** Aufbau der graphischen Benutzeroberfläche

### 3. Ergebnisse

An dem Versuch nahmen 24 Probanden teil. Das Durchschnittsalter betrug 24 Jahre ( $SD = 3,00$ ). 22 der Teilnehmer waren männlich. Alle Teilnehmer der Untersuchung waren Studenten der TU Darmstadt. Auf Grund der geringen Streuung im Alter und der vorwiegend männlichen Stichprobe können keine Aussagen zur Alters- oder Geschlechtseffekten getroffen werden. Aus vorherigen Experimenten (Kauer et al. 2009) ergeben sich jedoch keine Hinweise für entsprechende Effekte.

Abbildung 2 zeigt die Ergebnisse die Fehlerhäufigkeit bei der Identifikation der unterschiedlichen Effektstärke.



**Abbildung 2:** Anzahl Fehler bei der Erkennung des unterschiedlichen Knopfes nach Fahrgeschwindigkeit und Durchführungsreihenfolge (maximal möglich = 24)

Die gestrichelte Linie beschreibt dabei die Fehler in der Gruppe, die jeweils zu Beginn des Versuchs die Reihen 1-12 (bei einer bestimmten Geschwindigkeit) unterscheiden sollten. Die durchgezogene Linie zeigt die Ergebnisse der Gruppen, die zuletzt diese Reihen (bei einer bestimmten Geschwindigkeit) unterscheiden sollten. Es zeigen sich keine Unterschiede zwischen den gefahrenen Geschwindigkeiten und keine Unterschiede der Fahrzeugbedingungen zu den Laborbedingungen ( $F_{\text{zuerst}} = 2,300$ ;  $df = 2$ ;  $p > .05$ ;  $F_{\text{zuletzt}} = 0,823$ ;  $df = 2$ ;  $p > .05$ ). Auch hinsichtlich der Zeit ergeben sich keine Unterschiede. Die Fehlerquote bleibt konstant bei ca. 2 Fehlern pro Gruppe, was einem Anteil von ca. 8,3% entspricht. Die Fehlerquote ist jedoch nicht über alle Effektstärkenunterschiede gleich, sondern steigt/sinkt, umso geringer/größer die Unterschiede zwischen den Effektgrößen ausfallen.

#### 4. Diskussion

Die Ergebnisse der Studie legen nahe, dass die Effizienz der Verwendung von taktilen Touchdisplays im Fahrzeug nicht durch niedrige Fahrgeschwindigkeiten beeinflusst wird. Die Anzahl der Fehler unterscheidet sich nicht zwischen der Laborbedingung und der Versuchsbedingung im kontrollierten Feld. Auf Grund der Schwankungen in den Ergebnissen bei unterschiedlichen Effektstärkendifferenzen lässt sich sagen, dass die relative Unterscheidung bei großen Unterschieden nahezu fehlerfrei in beiden Umgebungen möglich ist, wohingegen die Unterscheidung geringer Effektstärkenunterschiede nur mit häufigen Fehlern (ca. 20%) gelingt. Auf Grund des Versuchsdesigns sind jedoch keine Aussagen über die absolute Unterscheidbarkeit der Effektstärken oder Leistungsfähigkeit des Displays bei hohen Geschwindigkeiten möglich. Trotzdem ist die Verwendung taktiler Touchdisplays der von herkömmlichen Touchdisplays vorzuziehen, da in Einzelversuch drei gezeigt werden konnte, dass die Bediengeschwindigkeit steigt, ohne zu vermehrten Fehlern zu führen.

#### 5. Literatur

1. Donges, E. 1982, Aspekte der Aktiven Sicherheit bei der Führung von Personenkraftwagen, Automobil-Industrie, 2/82, 183-190.
2. Flemisch, F. 2004, Wie könnte es über Assistenzsysteme hinaus weitergehen?, VDI Berichte 1864. Düsseldorf: VDI, S. 561-585.
3. Hoggan, E., Brewster, S.A. & Johnston, J. 2008, Investigating the Effectiveness of Tactile Feedback for mobile Touchscreens. In: Tagungsband der Konferenz für Computer Human Interaction 2008, 5 – 10 April 2008, Florenz, Italien.
4. Immersion 2009, Im Internet verfügbar unter: [http://www.immersion.com/docs/demonstrator-specsheet\\_8.4in-LCD\\_mar09-v1.pdf](http://www.immersion.com/docs/demonstrator-specsheet_8.4in-LCD_mar09-v1.pdf) [18.12.2009].
5. Kauer, M., Schreiber, M., Hakuli, S. & Bruder, R. 2009, Taktile oder akustisch? Der Einfluss der Akustik auf die Wahrnehmung der taktilen Rückmeldungen bei taktilen Touchscreens. In: A. Lichtenstein, C. Stöbel & C. Clemens (Hrsg.), Der Mensch im Mittelpunkt technischer Systeme, 8. Berliner Werkstatt Mensch-Maschine-Systeme. Düsseldorf: VDI Verlag, S. 75-76.
6. Kelsch, J., Mosebach, H., Flemisch, F. & Vollrath, M. 2007, Driver Monitor and Feedback Dispatcher in SPARC. Im Internet verfügbar unter: <http://elib.dlr.de/51903/> [18.12.2009].
7. Schreiber, M., Kauer, M. & Bruder, R. 2009, Conduct by Wire – Maneuver Catalog for a Semi-Autonomous Vehicle Guidance. In: IEEE Intelligent Vehicle Symposium 2009 in Xi'an, China.
8. Winner, H., Hakuli, S., Bruder, R., Konigorski, U. & Schiele, B. 2006a, Conduct-by-Wire - ein neues Paradigma für die Entwicklung der Fahrerassistenz. In: 4. Workshop Fahrerassistenzsysteme: FAS2006, Löwenstein/Hößlinsulz, 4. - 6. Oktober 2006.
9. Winner, H. & Hakuli, S. 2006b, Conduct-by-Wire – Following a New Paradigm for Driving into the Future. In: Proceedings of FISITA World Automotive Congress. 22.-27. Oktober 2006 in Yokohama, Japan.
10. Wolf, H., Zöllner, R. & Bubb, H. 2006, Ergonomischer Lösungsansatz für die gleichzeitige Rückmeldung von Fahrerassistenzsystemen. Im Internet verfügbar unter: [http://www.ergonomie.tum.de/~wolf/12g\\_wolf.pdf](http://www.ergonomie.tum.de/~wolf/12g_wolf.pdf).

# Bedienelemente hochautomatisierter Fahrzeuge – Studie zum haptischen Kanal als Kommunikationsmedium

Daniel DAMBÖCK, Martin KIENLE und Klaus BENGLER

*Lehrstuhl für Ergonomie, Technische Universität München,  
Boltzmannstraße 15, D-85747 Garching*

**Kurzfassung:** Moderne Assistenzsysteme können dank stetig besser werdender Sensorik immer mehr Aufgaben in einem immer größeren Umfang übernehmen. Dadurch wandelt sich die Rolle des Fahrers von der eigentlichen Regelaufgabe mehr und mehr hin zu einer Überwachung des Systems. Um dem Menschen diese Überwachungsaufgabe zu erleichtern, gewinnt die Kommunikation zwischen Mensch und Assistenzsystem weiter an Bedeutung. Dieser Beitrag zeigt anhand einer Studie wie zukünftige, alternative Bedienelemente unter dem Gesichtspunkt eines hochautomatisierten Fahrzeuges mit haptischer Mensch-Maschine-Kommunikation gestaltet werden können.

**Schlüsselwörter:** Fahrerassistenzsysteme, hochautomatisiertes Fahren, aktives Stellteil, haptische Interaktion.

## 1. Einleitung

Schon seit einiger Zeit beschäftigen sich Automobilhersteller mit der Entwicklung von Assistenzsystemen, die nicht nur Komfort oder Handhabbarkeit verbessern, sondern tatsächlich aktiv in die Fahrzeugführung und damit in das Fahrer-Fahrzeug-System eingreifen. Ähnlich wie in der Luftfahrt ist hier eine Entwicklung von assistierenden hin zu automatisierten Systemen im Gange bei denen der Grad der Unterstützung immer weiter steigt. Dabei werden ausgehend von einer technikgetriebenen Entwicklung autonomer Fahrzeuge (demonstriert z.B. während der „Grand Challenge“ und „Urban Challenge“) zukünftig über einfache Assistenz hinausgehende, hochautomatisierte Fahrzeuge möglich. Diese zeichnen sich vor allem dadurch aus, dass die Fähigkeit, autonom zu Fahren derart genutzt wird, dass der Fahrer zwar von der Fahraufgabe entlastet wird, er jedoch weiterhin ausreichend in der Fahrzeugführungsschleife bleibt. Bereits jetzt stößt eine Kombination, der im Serieneinsatz befindlichen Assistenzsysteme ACC (Adaptive Cruise Control) und LKAS (Lane Keeping Assistant System) in diesen hochautomatisierten Bereich vor.

Wird dieser Vorgang konsequent weiter gedacht, so steht am Ende möglicherweise, aber nicht zwangsläufig, eine Vollautomation. Diese Entwicklung im Bereich Assistenz- und Automation lässt sich stark vereinfacht auf ein Spektrum (Schieben et al. 2008) von manueller über assistierter und semi-automatisierter hin zu hoch- und vollautomatisierter Fahrzeugführung abbilden (vgl. Abbildung 1).

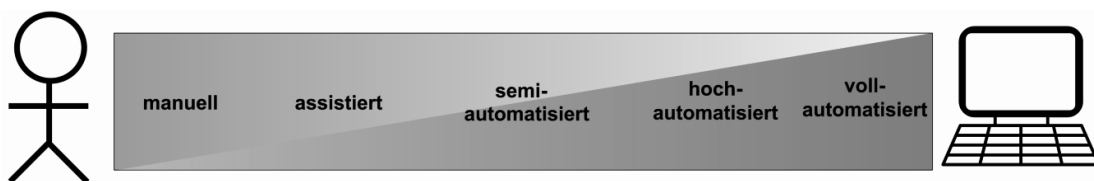


Abbildung 1: Assistenz- und Automationsspektrum

## 2. Problemstellung

Durch den steigenden Grad an Automationsunterstützung wandelt sich die Rolle des Fahrers von der eigentlichen Regelaufgabe mehr und mehr hin zu einer Überwachung des Systems. Um dem Menschen diese Überwachungsaufgabe zu erleichtern, gewinnt die Kommunikation zwischen Mensch und Assistenzsystem immer mehr an Bedeutung. Im DFG-Projekt H-Mode (Flemisch 2003) werden Handlungsabsichten zwischen Mensch und Maschine über ein multimodales Bedienkonzept vermittelt. Der Schwerpunkt liegt dabei auf einer haptischen Interaktion über ein aktives Bedienelement (Schieben et al. 2008). Dieser Ansatz wirft die Frage auf, ob herkömmliche Bedienelemente - also Lenkrad und Pedalerie - unter dem Aspekt des hochautomatisierten Fahrens und unter besonderer Berücksichtigung der Fahrer-Fahrzeug-Kommunikation in Zukunft noch zielführend sind (Damböck et al. 2009).

Gleichzeitig sind, mit dem aktuellen Stand der Technik insbesondere auf dem Gebiet der By-wire-Systeme, die technischen Möglichkeiten gegeben, um das Stellteil von mechanischen Rahmenbedingungen zu entkoppeln. Dies gestattet eine völlige Neugestaltung der Schnittstelle zwischen Fahrer und Fahrzeug, nicht mehr auf Grundlage technischer Restriktionen, sondern vielmehr auf Basis ergonomischer Gestaltungsmaximen. Anzahl, Geometrie und Anordnung der Bedienelemente wie auch deren Parametrierung können hinsichtlich Anthropometrie und Systemergonomie optimiert werden.

Um eine möglichst intuitive Bedienung zu gewährleisten, sollte dabei nach ergonomischen Gesichtspunkten die Dimensionalität des Bedienelements der Dimensionalität der Aufgabe entsprechen. Der zweidimensionalen Aufgabe Autofahren sollte dementsprechend ein zweidimensionales Stellteil, z.B. ein Sidestick zugeordnet sein. Vergleichende Untersuchungen (Eckstein 2001) zeigen, dass die Fahraufgabe mit einem aktiven Sidestick selbst bei manueller Fahrt zumindest ähnlich, teilweise sogar besser erfüllt werden kann als mit herkömmlichen Bedienelementen. Dies gilt jedoch nur unter der Voraussetzung, dass der Fahrer z.B. über die Position des Bedienelementes haptisch Informationen über den Zustand des zu regelnden Systems (Fahrzeug) erhält. Im Gegensatz dazu würde der Fahrer bei einem handelsüblichen federzentrierten Joystick über den haptischen Kanal nur die Dynamik des Bedienelementes selbst, nicht jedoch die Dynamik des Fahrzeugs wahrnehmen, wodurch sich die Regelgüte beim manuellen Fahren nachweislich verschlechtert (Kienle et al. 2009).

Für den linken Bereich des Automationsspektrums bietet demnach das Prinzip der Positionsrückmeldung von Fahrdynamikdaten einen erheblichen Vorteil. Entsprechend der Idee des H-Mode-Projektes mit einer multimodal-haptischen Interaktion über die Bedienelemente wird im rechten Bereich des Automationsspektrums zusätzlich eine haptische Kommunikation zwischen Fahrer und Assistenzsystem aufgeschaltet. Dabei stellt sich die Frage, wie belastbar der haptische Kanal ist, d.h. ob eine gleichzeitige Vermittlung sowohl der fahrrelevanten Größen wie auch der Automationswünsche überhaupt möglich ist.

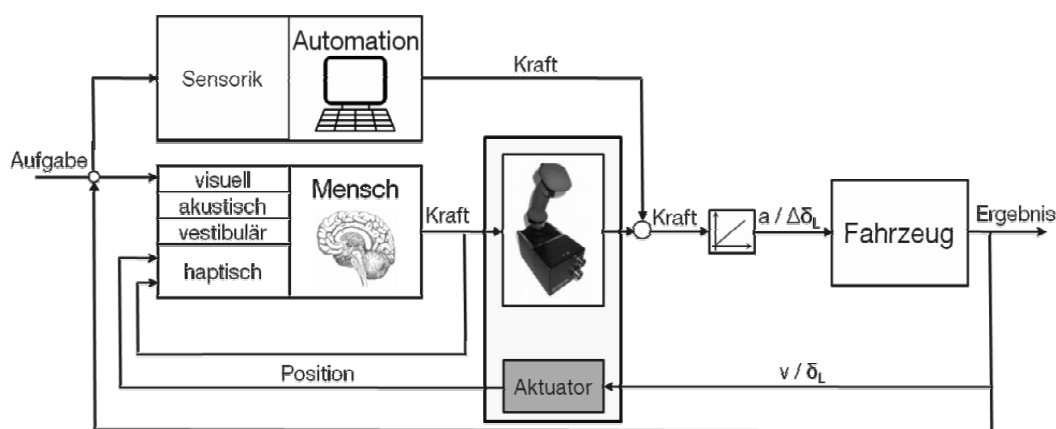
## 3. Methode

Um diese Frage zu beantworten wurde im statischen Fahrsimulator des Lehrstuhls für Ergonomie eine Studie mit 16 Probanden und zwei unterschiedlichen Varianten eines aktiven Sidesticks durchgeführt. Variante 1 entspricht einer federzentrierten Stickversion, d.h. es erfolgt keine Rückmeldung fahrrelevanter Größen. Bei Variante



2 wird über die Position des Sidesticks in Längsrichtung die Fahrzeuggeschwindigkeit haptisch rückgemeldet und der aktuelle Lenkwinkel des Fahrzeugs über die Position des Sidesticks in Querrichtung.

Beide Stickvarianten werden zum einen im manuellen Betrieb gefahren und zum anderen mit einer zusätzlichen Überlagerung der haptischen Kommunikation zwischen Fahrer und Automation. Die Probanden befahren während des Versuches eine kurvige Landstraße mit wechselnden Geschwindigkeitsbegrenzungen. Die Automation gibt dabei über Kräfte bzw. Momente am Stellteil sowohl in Längs- wie auch in Querrichtung Steuerempfehlungen an den Fahrer und nimmt gleichzeitig dessen Eingaben als Steuerwünsche auf. Die Handlungswünsche der Automation und die Vorgaben des Fahrers werden über einen Summenpunkt zusammengeführt und als gemeinsamer Regelungswunsch an das Fahrzeug weiter gegeben. Sowohl Fahrer wie auch Automation können also parallel zueinander auf das Fahrzeug einwirken, wodurch eine erhöhte Redundanz erreicht wird (vgl. Abbildung 2).



**Abbildung 2:** Aktives Stellteil mit Positionsrückmeldung von Fahrzustandsgrößen und Automationswünschen

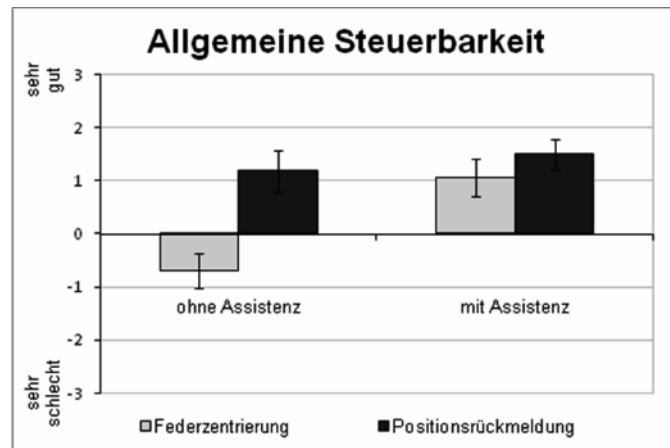
Um die Belastbarkeit des haptischen Kanals bewerten zu können, werden die subjektiven Wahrnehmungen der Probanden über Fragebögen erfasst.

#### 4. Ergebnisse

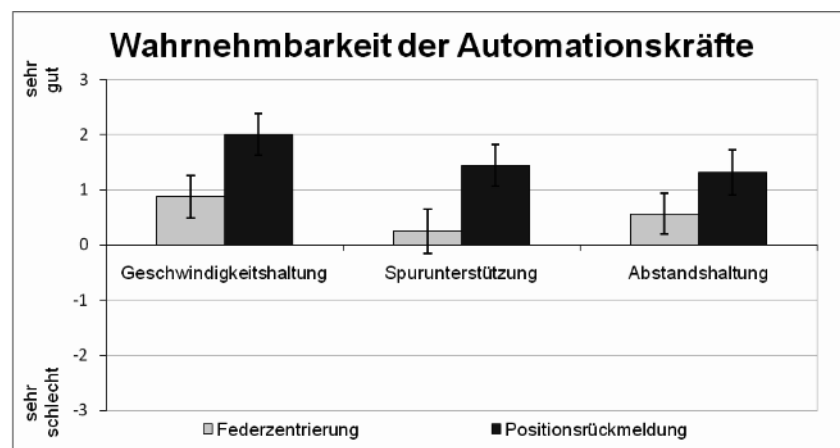
Die Probanden bewerten, ebenso wie in vorangegangenen Studien, die manuelle Fahrzeugsteuerung mit Rückmeldung von Fahrzustandsgrößen als signifikant besser verglichen mit einer federzentrierten Steuerung. Durch eine zusätzlich aufgebrachte Assistenzfunktion kann bei der Federzentrierung die subjektiv empfundene Steuerbarkeit zwar signifikant verbessert werden, erreicht jedoch weiterhin nicht das Niveau der rückmeldenden Variante (vgl. Abbildung 3).

Auch bezüglich der Wahrnehmung der Automationskräfte zeigen sich bei dem Prinzip der Positionsrückmeldung vielversprechende Ergebnisse (vgl. Abbildung 4). Sie werden nicht nur für alle Assistenzfunktionen (Geschwindigkeits-, Abstands- und Spurunterstützung) gut bewertet, sondern darüber hinaus besser wahrgenommen als die Automationskräfte der federzentrierten Variante.

Die ursprüngliche Fragestellung kann demnach positiv beantwortet werden. Der haptische Kanal ist durchaus in der Lage, gleichzeitig die Informationen des Fahrzeugzustandes und die Signale der Automation zu transportieren.



**Abbildung 3:** Subjektiv empfundene Steuerbarkeit des Fahrzeugs in Abhängigkeit vom Assistenzgrad und der Stickvariante



**Abbildung 4:** Subjektive Wahrnehmung der Automationskräfte in Abhängigkeit von der Stick-variante

## 5. Literatur

1. Damböck, D., Kienle, M., Flemisch, F.O., Kelsch, J., Heesen, M., Schieben, A. & Bengler, K. 2009, Vom assistierten zum hochautomatisierten Fahren – Zwischenbericht aus den Projekten DFG-H-Mode und EU-HAVEit, VDI - Fahrer im 21. Jahrhundert 2009. Braunschweig.
2. Eckstein, L. 2001, Entwicklung und Überprüfung eines Bedienkonzepts und von Algorithmen zum Fahren eines Kraftfahrzeugs mit aktiven Sidesticks, Fortschrittsberichte VDI-Reihe 12, Nr. 471. Düsseldorf: VDI-Verlag.
3. Flemisch, F.O., Adams, C.A., Conway, S.R., Goodrich, K.H., Palmer, M.T. & Schutte, P. C. 2003, The H-Metaphor as a Guideline for Vehicle Automation and Interaction. Hampton: NASA Langley Research Center.
4. Kienle, M., Damböck, D., Kelsch, J., Flemisch, F.O. & Bengler, K. 2009, Towards an H-Mode for highly automated vehicles: Driving with side sticks, Automotive UI 2009, Essen.
5. Schieben, A., Damböck, D., Kelsch, J., Rausch, H. & Flemisch, F.O. 2008, Haptisches Feedback im Spektrum von Fahrerassistenz und Automation, Tagung „Aktive Sicherheit durch Fahrerassistenz“ 2008, München.

# Conduct-by-Wire: Evaluation von teilautonomer Fahrzeugführung mit Hilfe der Wizard of Oz-Technik

Michael SCHREIBER<sup>1</sup>, Michaela KAUER<sup>1</sup>, Stephan HAKULI<sup>2</sup> und Ralph BRUDER<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Institut für Arbeitswissenschaft der TU Darmstadt,  
Petersenstraße 30, D-64283 Darmstadt*

<sup>2</sup> *Fachgebiet Fahrzeugtechnik der TU Darmstadt,  
Petersenstr. 30, D-64283 Darmstadt*

**Kurzfassung:** In dem von der Deutschen Forschungsgemeinschaft geförderten Projekt Conduct-by-Wire wird ein Fahrzeugführungskonzept auf Bahnführungsebene erforscht. Der Fahrer steuert dabei das Fahrzeug durch die Übergabe von kompletten Fahrmanövern. Im Projekt ist ein Manöverkatalog entwickelt worden, der mit Hilfe der Wizard of Oz Technik schon in einer frühen Konzeptphase evaluiert werden konnte. Dabei wurden die vordefinierten Fahrmanöver von den Probanden verbal geäußert und von einem Versuchsleiter – dem Wizard – in einem räumlich getrennten Ort ausgeführt, ohne dass der Proband davon Kenntnis hatte. Der Beitrag zeigt, wie durch diese Methode Interaktionsvarianten auch ohne technische Umsetzung überprüft werden können und welche Maßnahmen getroffen wurden, um ein robustes Evaluationswerkzeug zu generieren.

**Schlüsselwörter:** Fahrerassistenz, Wizard of Oz, Conduct-by-Wire.

## 1. Einleitung

Das moderne Kraftfahrzeug ist mit einer Vielzahl an Fahrerassistenzsystemen ausgestattet. Die Systeme reichen von Eingriffen in die Fahrzeugstabilisierung (Antiblockiersystem) über Unterstützung bei der Umfeldüberwachung (Totwinkelwarner) bis hin zu Systemen, die Teile der primären Fahraufgabe übernehmen (Adaptive Fahrgeschwindigkeitsregelung). Jedes Assistenzsystem für sich betrachtet ist in der Lage, einen Beitrag zu Sicherheit und Komfort zu leisten, wenn man die Interdependenzen bei der simultanen Bedienung dieser Systeme vernachlässigt. Betrachtet man die Gesamtinteraktion Fahrer – Fahrerassistenzsystem(e) – Fahrzeug, so wird deutlich, dass ein Fahrer bei der derzeitigen simultanen Bedienung in Situationen kommen kann, in denen mehrere Fahrerassistenzsysteme gleichzeitige Eingaben oder Überwachung benötigen. Dies kann bei einer größeren Anzahl an Fahrerassistenzsystemen zu Überforderung des Fahrers führen (Wolf et al. 2006; Schreiber et al. 2009).

Ein durch Conduct-by-Wire (CbW) vertretenes Fahrzeugführungsparadigma versucht das Problem der simultanen Fahrerassistenzbedienung durch eine ereignisdiscrete Interaktion mit Hilfe von Fahrmanöverkommandos in einer globalen Bediensprache mit einer einzigen Mensch-Maschine-Schnittstelle zu lösen (Winner et al. 2006). Für die Realisierung einer Manöversteuerung ist neben dem Bedienelement der für den Fahrer zur Verfügung stehende Auswahlkatalog an Manövern zentral. Da speziell in frühen Konzeptphasen eine Implementierung von Fahrerassistenzfunktionen wegen einer hohen Ressourcenbindung nicht immer möglich ist, werden alternative Evaluationswerkzeuge verwendet, um Hinweise auf die Gestaltung der Interakti-

on zu generieren (Schmidt et al. 2008; Schieben 2009).

## 2. Methode

Im Fahrzeugführungsparadigma Conduct-by-Wire beruht die Interaktion zwischen Fahrer und Fahrzeug nicht mehr auf stabilisierenden Eingaben (z.B. über Lenkrad und Pedalerie), sondern auf der Übergabe diskreter Signale (z.B. Betätigung einer Schaltfläche eines Touchdisplays). Diese diskreten Signale entsprechen Fahrmanövern (z.B. „Fahrstreifenwechsel links“), die das Fahrerassistenzsystem auf stabilisierender Ebene eigenständig ausregelt.

Der Manöverkatalogprototyp, der für diese Untersuchung verwendet wurde, beinhaltet die zwei Manöverklassen „implizite“ und „explizite“ Manöver. Implizite Manöver werden nicht vom Fahrer beauftragt, sondern sind ein Grundzustand, in den das Conduct-by-Wire-System zurückfällt, wenn ein explizites Manöver, ein vom Fahrer bewusst initiiertes Fahrmanöver, beendet ist. Die in diesen Versuchen verwendeten expliziten Manöver sind, „Anfahren“, „Anhalten“, „Fahrstreifenwechsel (rechts/ links)“, „Abbiegen (rechts/ links)“, „Überholen“, „Einparken (rechts/ links)“, „Ausparken (rechts/ links)“ und „geradeaus fahren“ (ein Manöver um bei einer abknickenden Vorfahrtsstraße gerade über eine Kreuzung fahren zu können). Das Manöver „Straßenverlauf folgen“ stellt das für diese Versuche einzige implizite Manöver dar.

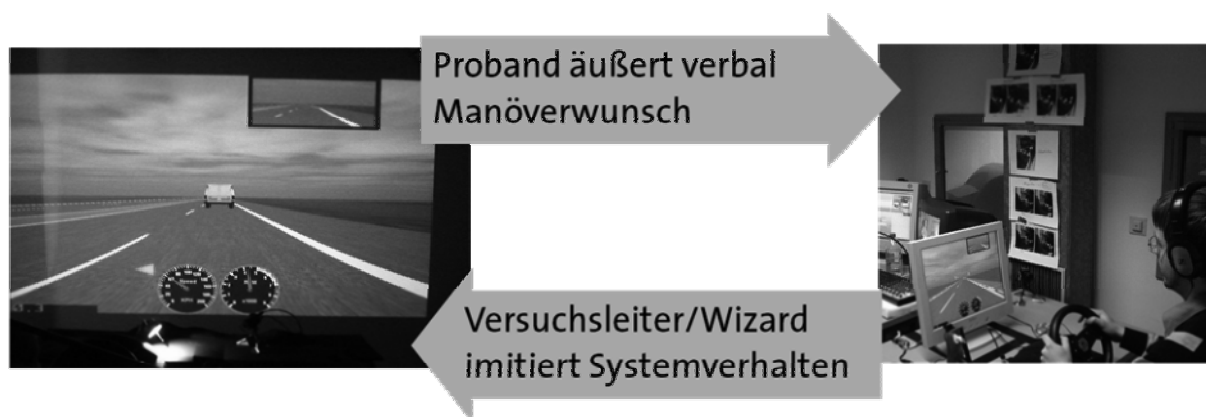
### 2.1 Wizard of Oz Technik im Fahrsimulator

Bei der Wizard of Oz Methode handelt es sich um einen Versuchsaufbau, der es erlaubt, neue Systeme durch Probandenstudien zu testen, bevor ein funktionsfähiger Prototyp vorhanden ist. Hierfür werden Funktionen des technischen Systems durch einen Menschen (den Wizard) simuliert. Um verwertbare Ergebnisse zu erhalten, ist es wichtig, dass die Versuchspersonen glauben, sie interagierten mit einem realen technischen System. Das Wissen über die Simulation durch den Wizard würde die Beurteilung des Systems beeinflussen. Die Implementierung im IAD-Fahrsimulator (STISIM Model 100) ist in Abbildung 1 dargestellt. Der Proband befindet sich in einer Sitzkiste vor dem durch einen Projektor erzeugten Simulationsbild (vgl. Abbildung 1 links). Der Wizard ist in einem Nebenraum positioniert und kann über Lenkrad und Pedale das Egofahrzeug steuern und bekommt darüberhinaus die gleiche visuelle und akustische Anzeige wie der Proband (vgl. Abbildung 1 rechts). Des Weiteren hat der Wizard die Möglichkeit, mit Hilfe eines Tasters am Lenkrad eine akustische Anzeige an den Probanden zu übergeben (z.B. bei einem Ablehnen eines Manövers, das zurzeit nicht ausgeführt werden kann, Beispiel: „Abbiegen“ auf einer Autobahn).

Als Schnittstelle für das Conduct-by-Wire System ist ein taktiles Touchdisplay vorgesehen (Kauer 2009), das für eine Wizard of Oz Untersuchung allerdings nicht geeignet ist, da der Wizard seine visuelle Aufmerksamkeit zwischen der Fahrzeugführungsaufgabe und der Überwachung der Eingaben des Probanden über das Display, teilen müsste. Da nicht die Schnittstelle, sondern der Manöverkatalog im Vordergrund der Untersuchung stand, wurde die manöverbasierte Fahrzeugführung für die Wizard of Oz Untersuchung über eine Sprachsteuerung realisiert. Der Wizard kann sich so visuell gänzlich der Fahrzeugführungsaufgabe widmen.

Ein kritisches Element in einer Wizard of Oz-Untersuchung ist der Wizard selbst. Im Gegensatz zu einem technischen System, das in der Lage ist zwei Aktionen bei gleichen Randbedingungen zweimal identisch auszuführen, kann der Wizard dies selbst bei besser Vorbereitung nur annähernd (z.B. die Ausführung eines Fahrstreifenwechsel auf einer geraden dreifahrtstreifigen Autobahn bei 100 km/h). Diese Inkonsistenz kann mehrere

Folgen haben: Zum einen kann der Proband die Täuschung bemerken, zum anderen könnte die Beurteilung des Konzeptes durch die Unregelmäßigkeiten verfälscht werden. Es wurde versucht, die Reliabilität der Versuchsdurchführung durch den Wizard durch gezieltes Fahrtraining und gesteigertes Szenarienvverständnis zu erhöhen. Der Wizard war an der Erstellung der Fahrszenarien für die Untersuchung maßgeblich beteiligt. Durch seine Kenntnis der Funktionsweise des Fahrsimulators konnten schon bei der Szenarien-programmierung mögliche Probleme bei der Wizardsteuerung vermieden werden. Dem Wizard standen zum Fahrtraining mehrere Tage zur Verfügung, die in einem Vorversuchstag mit Probanden endeten, um mögliche Komplikationen aufzuzeigen.



**Abbildung 1:** Prinzipieller Aufbau der Wizard of Oz Technik im IAD Fahr Simulator (links: visuelle Darstellung der Fahrsimulation für den Probanden; rechts: Raum des Wizards, in dem die vom Probanden beauftragten Manöver ausgeführt werden)

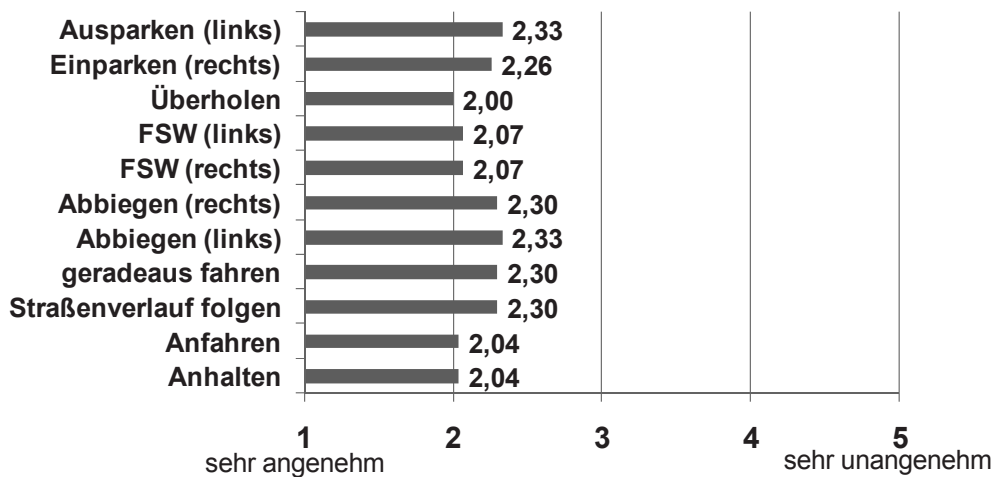
## 2.2 Experimentelles Design

An der Untersuchung nahmen 31 Versuchspersonen teil. 17 Probanden waren weiblich, das durchschnittliche Alter der Teilnehmer war 35,81 Jahre ( $SD = 15,62$ ). Der jüngste Teilnehmer war 18 Jahre alt, der älteste 67 Jahre. Die Probanden besaßen im Durchschnitt 17,37 Jahre den PKW-Führerschein. Die Versuchspersonen absolvierten insgesamt drei Fahrten auf unterschiedlichen Streckenprofilen (Autobahn, Landstraße, Stadt) und füllten vor und nach jedem Szenario verschiedene Fragebögen aus. Außerdem wurden mit Hilfe eines Multiplexers simultan Audio- und Videosignale des Wizards, der visuellen Darstellung der Fahrsimulation, und des Probanden aufgezeichnet.

## 3. Ergebnisse

Ein Maß für die Qualität einer Wizard of Oz Untersuchung ist der Anteil der Probanden, der glaubt, durch ein technisches System unterstützt worden zu sein. Hier konnte eine Täuschungsrate von 94% erreicht werden. Ebenfalls für das gewollte maschinen-ähnliche Verhalten des Wizard spricht der hohe Anteil an Versuchspersonen (97%), der den Eindruck hatte, dass sich das System in ähnlichen Situationen auch ähnlich verhält.

Die Probanden wurden nach den Versuchen ebenfalls gefragt, wie sie die Ausführung jedes einzelnen Manövers empfanden. Abbildung 2 stellt die Ergebnisse für die in den Szenarien vorkommenden Manövern dar. Die Ausführung wurde durchgehend auf dem Niveau „angenehm“ bewertet. Der Wizard sorgte somit nicht nur für eine wiederholungssichere Ausführung der Manöver, sondern führte diese zusätzlich auf einem „angenehmen“ Niveau aus.



**Abbildung 2:** Ergebnisse (subjektive Daten) der Wizard of Oz Studien hinsichtlich der Ausführung der Manöver. Frage: Wie empfanden Sie die Ausführung des Manövers ...?

#### 4. Ausblick

Die Wizard of Oz Technik wurde im IAD Fahrsimulator für eine manöverbasierte Fahrzeugführung implementiert. Durch das reliable Verhalten des Wizards ist es gelungen, eine hohe Täuschungsrate zu erzielen. Für die weitere Entwicklung von Conduct-by-Wire wurden viele wichtige Gestaltungshinweise erschlossen (z.B. Probleme bei Beauftragung des Manövers „Überholen“). Des Weiteren wurden bei den Versuchen Situationen aufgezeigt, die für eine manöverbasierte Fahrzeugführung kritisch sein können und die in späteren Untersuchungen verwendet werden können. Die Entwicklung eines solchen Fahrzeugführungsparadigmas ist allerdings ausschließlich anhand von Wizard of Oz Untersuchungen nicht möglich. Derzeit wird an einer Umsetzung der Fahrerassistenzfunktionen im statischen Fahrsimulator gearbeitet, in die die Erkenntnisse dieser Studie einfließen werden.

#### 5. Literatur

1. Wolf, H., Zöllner, R. & Bubb, H. 2006, Ergonomische Lösungsansatz für die gleichzeitige Rückmeldung mehrerer Fahrerassistenzsysteme an den Fahrer, Tagung aktive Sicherheit. Im Internet verfügbar unter: [http://www.fahrzeugtechnik-muenchen.de/index2.php?option=com\\_docman&task=doc\\_view&gid=71&Itemid=86](http://www.fahrzeugtechnik-muenchen.de/index2.php?option=com_docman&task=doc_view&gid=71&Itemid=86).
2. Schreiber, M., Kauer, M. & Bruder, R. 2009 Conduct by Wire – Maneuver Catalog for a Semi-Autonomous Vehicle Guidance, Intelligent Vehicle Symposium 2009.
3. Winner, H., Hakuli, S., Bruder, R., Konigorski, U. & Schiele, B. 2006, Conduct-by-Wire – ein neues Paradigma für die Entwicklung der Fahrerassistenz, 4. Workshop Fahrerassistenzsysteme.
4. Schmidt, G., Kiss, M., Babbel, E. & Galla, A. 2008, The Wizard on Wheels: Rapid Prototyping and User Testing of Future Driver Assistance Using Wizard of Oz Technique in a Vehicle. In: Proceedings of the FISITA 2008 – The Future of Automobiles and Mobility, Munich.
5. Schieben, A., Heesen, M., Schindler, J. Kelsch, J. & Flemisch, F. 2009, The Theater-system technique: agile design and testing of system behavior and interaction, applied to highly automated vehicles. In: 1st international Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications, S. 43-46.
6. Kauer, M., Schreiber, M., Hakuli, S. & Bruder, R. 2009, Taktile oder akustisch? Der Einfluss der Akustik auf die Wahrnehmung der taktilen Rückmeldungen bei taktilen Touchscreens. In: 8. Berliner Werkstatt Mensch-Maschine-Systeme, S. 148-152.



# Wie erkunden wir die Lebenswelt kooperativer Technik?

## Skizze des Gestaltungsraums haptisch-multimodaler Kopplung Mensch, Co-Automation und Regelstrecke als Teil einer kooperativen Bewegungsbeeinflussung

Frank FLEMISCH, Johann KELSCH, Matthias HEESSEN und Christian LÖPER

*Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, Energie und Verkehr,  
Institut für Verkehrssystemtechnik, Lilienthalplatz 7, 38108 Braunschweig*

**Kurzfassung:** Ein Baustein für die Kooperation zwischen Menschen und intelligenten technischen Systemen ist die haptisch-multimodale Koppelung zwischen Mensch, Automation und Regelstrecke. Der Gestaltungsraum dieser Koppelungen kann in 6 haptische und 6 nicht-haptische Koppelungen strukturiert werden, die wiederum in Kopplungsschemata kombiniert werden können. Dabei kann der Mensch zeitlich variabel ein- und ausgekoppelt werden. Ein möglicher Anwendungsfall ist die haptische Entkopplung eines Fahrzeugführers bei Noteingriffen einer Fahrzeugassistentz bzw. einer Co-Automation.

**Schlüsselwörter:** Assistenz, Kooperative Automation, MMI, Haptik.

### 1. Einleitung: Haptisch-kooperative Bewegungsbeeinflussung

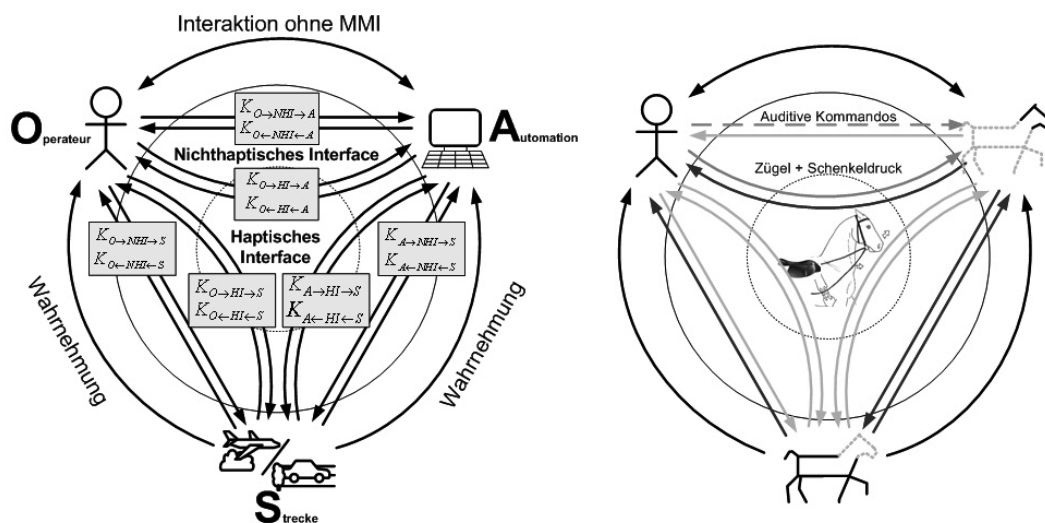
Während für die Wahrnehmung der visuelle Kanal zu dominieren scheint, ist für die unmittelbare Beeinflussung unserer Lebenswelt neben der auditiven Kommunikation vor allem der haptische Kanal von entscheidender Bedeutung. Im Gegensatz zur haptischen Interaktion zwischen Menschen ist die haptische Interaktion zwischen Menschen und technischen Systemen bisher deutlich unsymmetrisch bezüglich Intelligenz, Adaptivität und Autorität. Während der Mensch intelligent auf das technische System einwirken kann, wenn nötig mit Kraft oder Kreativität seinen Willen durchsetzt, agiert bzw. reagiert das technische System selbst bisher weitgehend nach vorher konstruktiv festgelegten, verhältnismäßig einfachen physikalischen Gesetzmäßigkeiten. Beispiel hierfür ist eine einfache Schwingtür, die z.B. über ein Feder-Dämpfer-System versucht, die Tür geschlossen zu halten, jedoch von Menschen geöffnet werden kann, ohne dass die Tür etwas vom Auslöser der Bewegung weiß. Ein weiteres Beispiel ist ein Fahrzeug, das über ein Stellteil, z.B. ein Lenkrad, haptisch mit einem Operateur interagiert, indem es die Steuereingabe des Menschen in eine geänderte Bewegung umsetzt, und gleichzeitig die Interaktion der Regelstrecke mit der Umwelt an den Menschen weiterleitet.

Diese Beziehung wird deutlich komplexer, wenn nicht nur eine, sondern zwei Entitäten auf eine Regelstrecke einwirken, und dabei mehr als nur mechanischen Gesetzmäßigkeiten gehorchen oder sogar intelligent sind. Ein Beispiel ist das Steuern eines Flugzeuges durch zwei Piloten, bei dem z.B. bei Ausbildungsflugzeugen beide Piloten haptisch gekoppelt sind, so dass sie die Eingaben des anderen spüren können. Ein Beispiel aus der nicht-technischen Welt ist die haptische Kopplung Reiter-Pferd über Schenkeldruck und Zügel, die in beiden Richtungen erfolgt und durch akustische und visuelle Anteile ergänzt wird. Ein möglicher Übertragungsbereich solcher Beispiele sind Assistenzsysteme bzw. hochautomatisierte Systeme der Fahrzeugführung, die ein eigenes Bild der Umwelt aufbauen, daraus Handlungsabsichten

ableiten und dies über z.B. haptische Schnittstellen mit dem Menschen und der Regelstrecke Fahrzeug/Umwelt verbunden sind. Abstrakter handelt es sich spezifische Formen eines allgemeineren Schemas kooperativer Fahrzeugführung, das generalisiert auch als kooperative Bewegungsbeeinflussung im Wechselspiel von Mensch und einem Assistenzsystem bzw. mit einem Co-Automationssystem gesehen werden kann (Flemisch et al. 2008; Hakuli et al. 2009; Hoeger et al. 2008).

## 2. Skizze des Gestaltungsraumes der haptischen und nicht-haptischen Kopplungen

Ein wesentlicher Schlüssel für eine erfolgreiche Kooperation zwischen Mensch und Technik bei der Beeinflussung von Bewegung liegt in der haptischen Kopplung zwischen Operateur, Co-Automation und Regelstrecke. Abbildung 1 links zeigt dabei eine generalisierte Skizze des Gestaltungsraumes, bestehend aus einem Mensch-Maschine-System mit den 5 Untersystemen Operateur O, Automation A, haptisches Interface HI, Nicht-haptisches Interface NHI und Regelstrecke S, sowie die Untersystembeziehungen. bzw. die möglichen Kopplungen mit ihren symbolischen Bezeichnungen. Abbildung 1 rechts zeigt das Beispiel der haptischen Kopplung zwischen einem Reiter und einem Pferd. In der Abbildung 2 links ist ein weiteres Beispiel, das ein assistiertes Fahren darstellt.



**Abbildung 1:** Mögliche Kopplungen über ein haptisches und nicht-haptisches Interface (links) und Kopplungen für die Beziehung Reiter - Pferd (rechts)

Vereinfacht können sechs haptische Kopplungen unterschieden werden:

- Vom Operateur über haptisches Interface zur Automation  $K_{O \rightarrow HI \rightarrow A}$ , z.B. die Verbindung von einer vom Operateur induzierten Kraft oder Position hin zur haptischen Wahrnehmung („Gefühl“) durch die Automation und zurück zum Operateur, z.B. wenn der Operateur eine von der Co-Automation auf das haptische Interface induzierte Kraft und/oder Position wahrnimmt.
- Vom Operateur über haptisches Interface zur Strecke  $K_{O \rightarrow HI \rightarrow S}$ , z.B. wenn ein Fahrer das Fahrzeug über ein Stellteil, z.B. einen Sidestick, steuert, und zurück zum Operateur  $K_{O \leftarrow HI \leftarrow S}$ , z.B. wenn ein Fahrer Begrenzungen oder Effekte der Strecke, z.B. über Bordsteine, über das haptische Interface wahrnimmt.

- Von der Automation über das haptische Interface zur Strecke  $K_{O \rightarrow HI \rightarrow S}$ , z.B. wenn eine Fahrzeugautomation durch das Aufbringen einer Kraft bzw. eines Momentes auf ein haptisches Interface das Fahrzeug steuert und zurück zur Automation  $K_{A \leftarrow HI \leftarrow S}$ , z.B. wenn die Automation Einflüsse der Strecke auf das haptische Interface wahrnimmt bzw. „fühlt“.

Diese Kopplungen wirken nicht unabhängig voneinander, sondern über das haptische Interface jeweils paar- und trippelweise („dreieckig“) zusammen, vereinfacht betrachtet über eine Summation z.B. auf dem haptischen Interface. Weiterhin wirken sie eng zusammen mit den nicht-haptischen Kopplungen und ergeben so haptisch-multimodale Kopplungen. Kopplungen können auch verbunden betrachtet werden, z.B.:  $K_{O \leftarrow HI}$ , die Rückkopplung vom haptischen Interface zum Operateur, d.h. von einer Veränderung am haptischen Interface zur haptischen Wahrnehmung des Operateurs, z.B. wenn er eine von der Co-Automation und/oder von der Strecke induzierte Kraft wahrnimmt. Ein weiteres Beispiel ist  $K_{HI \rightarrow S}$ , die Kopplung vom haptischen Stellteil zur Regelstrecke, die im Normalfall durch eine Veränderung im haptischem Interface eine Beeinflussung der Regelstrecke bewirkt. Ein Beispiel dafür ist, wenn sowohl der Operateur als auch die Co-Automation gleichzeitig versuchen, über das Stellteil die Strecke (das Fahrzeug) zu beeinflussen. Werden die Rückkopplung der Strecke und des Co-Systems auf dem haptischen Interface zusammengemischt, kann der Operateur dies nur dann auseinanderhalten, also den ursprünglichen Sender der Information identifizieren, wenn von Strecke und Co-Automation unterscheidbare Signale kommen. Im Umkehrschluss bedeutet dies z.B. für eine Kopplung zwischen Co-Automation und Operateur, die auch mit einem hohen haptischen Kopplungsgrad zwischen Strecke und Operateur einsetzbar sein soll, dass die Signale dieser Kopplung so gewählt werden sollten, dass sie mit möglichst wenig Signalen aus der Strecke selbst verwechselt werden können.

Weiterhin kann es Kopplungen zwischen den Untersystemen geben, die nicht über das haptische Stellteil laufen. Das Wechselspiel zwischen den Nicht-HI-Kopplungen und den HI-Kopplungen ist ein interessanter Freiheitsgrad für die Systemgestaltung. Beispiel hierfür ist eine direkte Beeinflussung der Regelstrecke durch die Co-Automation am haptischen Stellteil vorbei („Bypass“), das für natürliche haptische Dreieckskopplungen, z.B. beim Pferd, normal ist, und für technische Regelstrecken z.B. im Notbremssituationen eingesetzt werden kann, siehe unten.

Eine haptische Kopplung kann verschiedene Qualitäten haben, z.B. Stärke. Die Stärke der Kopplung kann mit semantischen Differentialen, z.B. „schwach“, „mittel“, „stark“ angegeben werden. Die Stärke haptischer Kopplungen kann mit einem Kopplungsgrad zwischen 0 und 1 beschrieben werden, wobei 0 mit „keinerlei Kopplung“ und 1 mit einer maximal starren Kopplung belegt werden. Einkopplung und Rückkopplung zusammen können einen Regelkreis („Loop“) schließen, z.B. vom Operateur über die Co-Automation oder die Strecke zurück zum Operateur. Bleibt der Regelkreis ununterbrochen, so befindet sich der Operateur in diesem Fall „In-the-loop“. Reißt der Regelkreis an einer beliebigen Stelle, so ist er „out-of-the-loop“.

Eine spezifische Kombination von Kopplungen und deren Veränderung kann zu Kopplungs-Schemata zusammengefasst werden. Kopplungs-Schemata stellen eine Sonderform von Interaktions-Schemata dar (z.B. Flemisch & Schieben 2010), die sich auf Image- bzw. Force-Schemata abstützen können (z.B. Johnson 1987; Hurtienne & Blessing 2007).

### 3. Beispiel für ein Kopplungs-Schema: „Haptische Auskopplung des Menschen in Notsituationen“

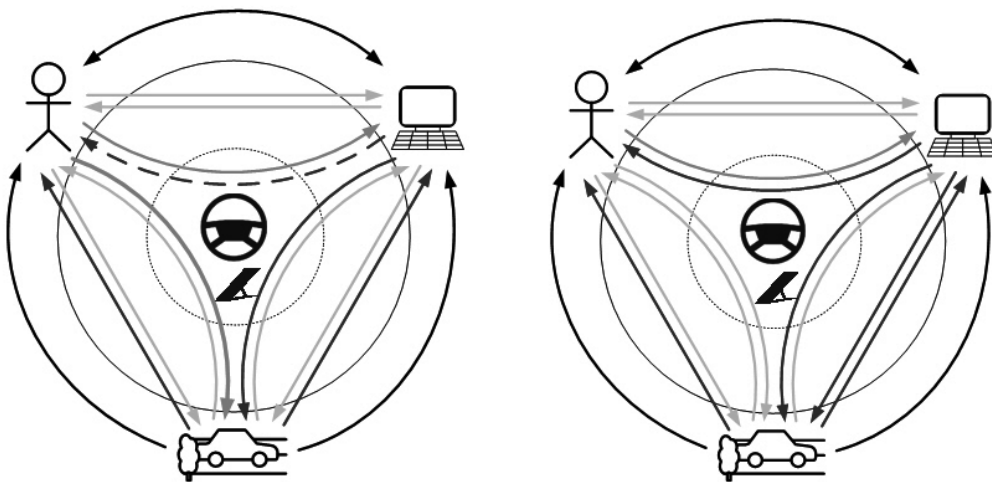
Eine Anwendung der haptischen Kopplung erfolgt zurzeit im Projekt H-Mode. Hier wurde der haptische Kopplungsgrad dynamisch für die Parametrierung der Mensch-Maschine-Interaktion mit einem hochautomatisierten Kraftfahrzeug verändert.

Fall 1: In einer unkritischen Situation wurde der Fahrer über das haptische Stellteil sowohl lateral als auch longitudinal mit einem haptischen Kopplungsgrad  $k_{O \rightarrow HI \rightarrow S}^{long/lat} = 1$  in die Fahrzeugsteuerung eingekoppelt (Abbildung 2 links). Alles, was der Fahrer am Stellteil eingestellt hat, wurde 1:1 auf die Lenkachse und als der Gas- bzw. Bremspedalbefehl zum Fahrzeug weitergeleitet.

Fall 2: Bei einer Annäherung an das vorausfahrende Fahrzeug und somit bei einer Steigung der Kritikalität der Situation wurde dem Fahrer ab einer bestimmten Kritikalität (bezogen auf die TTC) die Längsführungskontrolle teilweise entzogen. Der longitudinale Kopplungsgrad betrug in dem Fall  $k_{O \rightarrow HI \rightarrow S}^{long} = 0.5$ , was einer 50% Einkopplung entspricht. Lateral blieb der Fahrer vollständig eingekoppelt  $k_{O \rightarrow HI \rightarrow S}^{lat} = 1$ . Er konnte also komplett ungehindert lenken, aber nur noch halb so viel beschleunigen. Bremsen konnte der Fahrer weiterhin zu 100%. In beiden ersten Fällen wurden die Aktionen der Co-Automation zu 100% über das aktive Stellteil an den Fahrer rückgekoppelt  $k_{O \leftarrow HI \leftarrow A}^{long/lat} = 1$ .

Fall 3: Bei einer sehr kritischen Situation (sehr kleine TTC), wobei ein automatisches Notbremsmanöver eingeleitet wurde, wurde der Fahrer longitudinal entkoppelt  $k_{O \rightarrow HI \rightarrow S}^{long} = 0$ . Er konnte in diesem Fall nicht weiter beschleunigen, weiterhin aber bremsen und lenken.

Fall 4: Im Falle eines automatisch eingeleiteten Ausweichmanövers wurde der Fahrer sowohl longitudinal als auch lateral komplett entkoppelt  $k_{O \rightarrow HI \rightarrow S}^{long/lat} = 0$  (Abbildung 2 rechts). Er konnte lediglich bremsen. In den letzten beiden Fällen wurde die Rückkopplung der Automationsaktionen auf 50%  $k_{O \leftarrow HI \leftarrow A}^{long/lat} = 0.5$  herabgesetzt, um für die Not-situationen typische heftige Stellteilbewegungen zu reduzieren.



**Abbildung 2:** Beispiele der Kopplungen für das assistierte Fahren in unkritischen Situationen ohne Auskopplung des Menschen (links) und in kritischen Situationen mit Auskopplung (rechts)

## 5. Literatur

1. Hakuli, S., Bruder, R., Flemisch, F., Löper, C., Rausch, H., Schreiber, M. & Winner, H. 2009, Kooperative Automation. In: H. Winner, S. Hakuli & G. Wolf (Hrsg.), Handbuch Fahrerassistenzsysteme. Wiesbaden: Vieweg + Teubner, S. 647-656.
2. Flemisch, F.O., Kelsch, J., Löper, C., Schieben, A., Schindler, J. & Heesen, M. 2008, Cooperative control and active interfaces for vehicle assistance and automation. München: FISITA.
3. Hoeger, R., Amditis, A., Kunert, M., Hoess, A., Flemisch, F., Krueger, H.-P., Bartels, A., Beutner, A. & Pagle, K. 2008, Highly Automated Vehicles for Intelligent Transport: HAVEit Approach.
4. Flemisch, F. & Schieben, A. (Hrsg.) 2010, Highly automated vehicles for intelligent transport: Validation of preliminary design of HAVEit systems by simulator tests, Deliverable D33.3.
5. Johnson, M. 1987, The Body in the Mind: The Bodily Basis of Meaning, Imagination, and Reason. Chicago: University of Chicago.
6. Hurtienne, J. & Blessing, L. 2007, Design for intuitive use - Testing image schema theory for user interface design, ICED'07, 28 - 31 August 2007, Paris, France.





## Konzept zur 4D-Verkehrsführung durch automatisierte Rollwegbefeuerung

Carole URVOY, Christian DREGE, Sandra HEUSEL und Uwe KLINGAUF

*Institut für Flugsysteme und Regelungstechnik,  
Technische Universität Darmstadt, Petersenstrasse 30, D-64287 Darmstadt*

**Kurzfassung:** Die Zukunft des Air Traffic Managements ist unabdingbar mit der Einführung einer vierdimensionalen (Position, Höhe und Zeit) Gate-to-Gate-Steuerung aller Flugzeuge verbunden. Die verwendete raum- und zeitfeste Trajektorie wird 4D Trajektorie genannt. In den internationalen Vorhaben NextGen und SESAR ist ein „Auto-Roll-Modus“ für den Autopilot eingeplant, um solch eine 4D Trajektorie am Boden einzuhalten. Das automatisierte Rollen bringt dort eine komplette Veränderung der Aufgaben der Cockpitbesatzung mit sich. Diese Arbeit stellt dagegen ein Konzept vor, welches zur Unterstützung der Cockpit Crew bei der Einhaltung der 4D Trajektorie am Boden dient, ohne die Aufgaben der Crew zu verändern. Taktische Positions- und Geschwindigkeitsvorgaben werden den Piloten mittels einer automatischen Befeuerung auf dem Vorfeld angezeigt. Ziel ist dabei eine Regelung aller Flugzeuge auf einem Flughafen, die unabhängig vom bordseitigen Ausrüstungsgrad ist, zu schaffen. Dabei bleibt der Vorteil, die Besatzung als robusten Sensor und Regler zu verwenden, erhalten.

**Schlüsselwörter:** 4D Trajektorie, Rollführung, Automatisierung, Rollwegbefeuerung.

### 1. Einleitung

In der letzten Prognose zum Luftfahrtwachstum der Eurocontrol wird eine Erhöhung der Flugbewegungen bis 2030 zwischen 70% und 120% errechnet (Eurocontrol 2008). Dabei stellen die Flughäfen einen klaren Wachstumsdämpfer dar: Die europäische Organisation erwartet, dass im Jahr 2030 11% der Nachfrage wegen zu geringer Kapazitäten an Flughäfen nicht erfüllt werden kann. In diesem Zusammenhang stellt die Optimierung des Bodenverkehrs eine der größten Herausforderungen für zukünftige Air Traffic Management Systeme dar.

Die angestrebte Optimierung und Neuordnung des Luftverkehrs auf beiden Seiten des Atlantiks beruht auf dem Einsatz von raum- und zeitfesten vierdimensionalen Trajektorien. In den internationalen Vorhaben NextGen (JPDO 2007) und SESAR (Eurocontrol 2009) ist die Einführung solcher 4D-Trajektorien vom Abflug-Gate bis zum Ankunfts-Gate geplant (Gate-to-Gate Prozess).

Zurzeit wird sowohl am Boden als auch En-Route eine rein räumliche Führung der Verkehrsteilnehmer ohne Vorgabe von Zeiten vorgenommen. Die Abläufe an Flughäfen werden hierbei nach dem einfachen Windhundprinzip (First-Come, First-Served) realisiert (SESAR JU 2008). Durch eine ausgereifere Planung des Bodenverkehrs auf Basis einer Einhaltung von örtlich und zusätzlich zeitlich vorberechneten Trajektorien ist eine Ersparnis von 55% der Rollzeiten in Vergleich zum heutigen Prozess zu erwarten (Clare 2009). Dies setzt jedoch voraus, dass die Cockpitbesatzung diese

vorgegebene 4D-Trajektorie perfekt einhält.

Diese Arbeit analysiert zunächst, durch welche Mittel diese Einhaltung am besten zu gewährleisten ist, um danach ein Konzept zur Unterstützung der Flugbesatzung zu erläutern.

## 2. Motivation

In der dritten Ausbaustufe von SESAR ist flugzeugseitig mit der Einführung der AutoTaxi und AutoBrake Funktionen eine Vollautomatisierung der Rollphase geplant (Eurocontrol 2009). Ein ähnliches Vorhaben ist mit dem Flight-Deck Automation for Reliable Ground Operation System (Cheng 2007) auch in NextGen zu erkennen. In beiden Fällen wird die Rollaufgabe von einer Maschine automatisch durchgeführt. Dies verschiebt die Rolle des Piloten vom Operator zum Überwachenden.

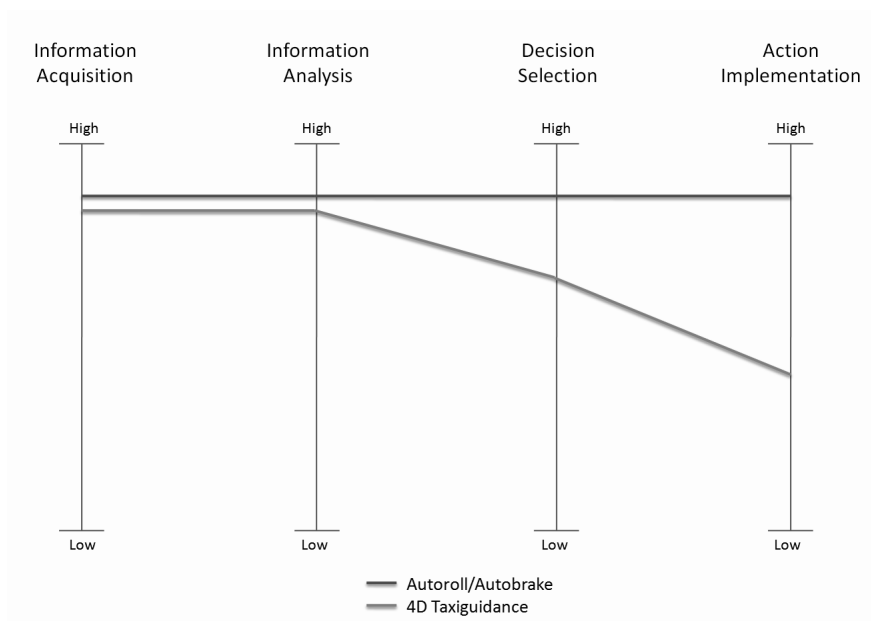
Studien zeigen, dass der Pilot ein besserer Operator als Überwachender sein kann: In einer Expertenbefragung zu den Gefahren der Automatisierung im Flugzeugcockpit (Lyll 1997) fanden 87% der Befragten, dass durch die bereits in der En-Route Phase vorhandene Automatisierung der Pilot für längere Zeit nur damit beschäftigt ist die Maschine zu überwachen, wofür er „auf Grund seiner Wahrnehmung und Kognition schlecht geeignet“ ist.

Außerdem birgt der Einsatz einer Vollautomatisierung insbesondere im Ausführungsprozess die Gefahr des Verlusts von Fähigkeiten („deskilling“) für den früheren Operator. Dieses Phänomen wird in der Luftfahrt bereits beobachtet: durch den Einsatz der Vollautomatisierung in der En-Route Phase verlieren die Piloten die Fähigkeit des manuellen Fliegens (FAA 1996). Dies kann insbesondere dann zu einem Problem werden, wenn der Pilot in einem Extremfall die sonst automatisierte Aufgabe manuell ausführen soll.

Durch eine Automatisierung erhofft man sich eine Verringerung des Faktors „Mensch“ als Fehlerquelle. Durch die Einführung neuer Systeme wird das Risiko menschlichen Versagens jedoch nur verlagert: Operative Fehler durch den Piloten werden minimiert, während die Fehler des Systementwicklers an Bedeutung gewinnen. In diesem Zusammenhang ist die Verlässlichkeit der notwendigen Daten für die Automatisierung kritisch. In der Flughafenumgebung ist die Heterogenität der Verkehrsteilnehmer so hoch (Flugzeuge, Follow-Me's, Feuerwehrfahrzeuge, ...), dass eine komplette Erfassung nicht zu gewährleisten ist. Dadurch steigt die Möglichkeit von Automatisierungsfehlern.

Aus diesen Gründen ist eine Vollautomatisierung des Rollprozesses und insbesondere dessen Ausführung sehr kritisch zu betrachten. Eine Einhaltung der geplanten 4D-Trajektorie durch den Piloten selbst würde dieses Problem lösen, ohne den optimal berechneten Verkehrsfluss zu gefährden. Damit werden weiterhin die Effizienz-, Kapazitäts- und Sicherheitssteigerungen ermöglicht, die man sich in NextGen und SESAR erhofft.

Um diese Einhaltung zu gewährleisten muss die Cockpitbesatzung in ihrer erweiterten Aufgabe ausreichend unterstützt werden. Dazu müssen die errechnete 4D-Trajektorie sowie etwaige Abweichungen davon den Piloten angezeigt werden. Nach der Kategorisierung von Parasuraman (2000) bedeutet dies einen hohen Automatisierungsgrad bei der Informationsaufnahme sowie der Informationsanalyse, jedoch eine niedrigere Automatisierung des Entscheidungsprozesses sowie der tatsächlichen Ausführung (s. Abbildung 1).



**Abbildung 1:** Automatisierungsstufen für die Vollautomatisierung und für die 4D-Verkehrsführung durch automatisierte Rollwegbefeuerung (Darstellung nach Parasuraman 2000)

### 3. Konzept

Zur Weitergabe der Informationen an die Cockpitbesatzung stehen drei Möglichkeiten zur Verfügung:

- Option A: Head Down - auf Displays innerhalb des Cockpits. Der Pilot muss seinen Blick von der Fahrbahn abwenden, um die Information aufzunehmen.
- Option B: Head Up - auf eine durchsichtige Anzeige in der Blickrichtung des Piloten.
- Option C: Außerhalb des Cockpits direkt auf dem Rollweg durch eine Erweiterung der vorhandenen Rollwegbefeuerung.

Während der Rollphase ist die Aufmerksamkeit der Piloten zum großen Teil nach außen gerichtet. Dies entspricht den Vorgaben für Piloten durch die International Civil Aviation Organization (ICAO 2006): „Head down situation during taxi should be limited to the minimum amount of time possible“. Außerdem ist die Art der dargestellten Information entscheidend für ihre Position. Die Rollaufgabe kann in zwei Unteraufgaben geteilt werden: lokale Führung und globales Situationsbewusstsein (Lasswell 1995). Die lokale Führung basiert dabei fast ausschließlich auf „Out-the-Window“ (OTW) Information, während das globale Bewusstsein auf Flughafenkarten oder Displays gestützt wird. Die 4D-Führung als Erweiterung der lokalen Führung soll folglich ebenso in der Blickrichtung des Piloten durchgeführt werden. Demnach ist das Anbringen insbesondere von taktischen Informationen zur lokalen Führung im Head Down Bereich ungünstig. Option A scheint damit ungeeignet für die 4D-Rollführung.

Die in Option B enthaltene Anbringung geeigneter Head-Up Anzeigesysteme im Cockpit bringt hohe Aufrüstungskosten sowie eine lange Implementierungszeit mit sich, insbesondere um die notwendige Konformität zur Außenwelt zu gewährleisten. Eine solche Lösung ist damit dauerhaft abhängig vom Ausrüstungsgrad der auf den betroffenen Flughäfen verkehrenden Flugzeugflotten. Die homogene Einrüstung zur effektiven Umsetzung dieser Lösung ist mittelfristig wirtschaftlich kaum realisierbar.

Option C dagegen ermöglicht eine Regelung aller Verkehrsteilnehmer auf einem

entsprechend ausgestatteten Flughafen, unabhängig vom Ausrüstungsgrad der Flugzeuge. In dem Optimierungskonzept, das hinter der berechneten 4D-Trajektorie steht, ist die Einhaltung des Plans durch möglichst alle Teilnehmer notwendig (Atkins 2008). In diesem Zusammenhang wurde Option C für die hier diskutierte 4D-Verkehrsführung ausgewählt.

Basierend auf einer dynamischen, kontinuierlichen und konfliktfreien 4D-Trajektorie für alle Verkehrsteilnehmer, die einen optimalen Verkehrsfluss auf dem Flughafen erzeugt, wie dies von Clare (2009) dargestellt wurde, wird ein 4D-Rollführungssystem entwickelt, das den Piloten ermöglicht dieser 4D-Trajektorie eigenständig und exakt zu folgen. Dieses Rollführungssystem wird den Piloten die notwendigen Informationen über die Rollwegbefeuerung darstellen.

Eine rein räumliche Rollführung wird bereits am Flughafen London-Heathrow durch das sogenannte „Follow the green“-System durchgeführt. Hierbei folgt der Pilot einer dem Flugzeug vorauslaufenden grünen Linie gebildet aus Befeuerungselementen am Boden.

Um zusätzlich zu den bereits existierenden Systemen auch eine zeitliche Führung durch die Befeuerung zu übermitteln, verfolgt die hier vorgestellte Arbeit den Ansatz, die Länge der vorauslaufenden Linie dynamisch zu verändern. Dies geschieht je nach Abweichung von der vorgegebenen Geschwindigkeit bzw. Position.

#### 4. Ausblick

Untersuchungen der Mensch-Maschine-Schnittstelle am institutseigenen Flugsimulator sind geplant, um die Abweichung der Piloten bei verschiedenen Befeuerungsszenarien von einer idealen 4D-Trajektorie zu untersuchen und das Konzept dabei zu evaluieren.

#### 5. Literatur

1. Atkins, S., Brinton, C. & Jung, Y. 2008, Implication of Variability in Airport Surface Operations on 4-D Trajectory Planning. In: American Institute of Aeronautics and Astronautics (AIAA) Aviation Technology, Integration, and Operations (ATIO) Conference, Anchorage, AK, 14-19 Sep. 2008.
2. Cheng, V.H.L. 2007, Research Progress on an Automation Concept for Surface Operation with Time-Based Trajectories. In: Integrated Communications, Navigation and Surveillance Conference.
3. Clare, G. & Richards, A. 2009, Airport Ground Operations Optimizer. In: 8th Innovative Research Workshop & Exhibition Proceedings, Eurocontrol.
4. Eurocontrol 2008, Challenges of Growth, Summary Report.
5. Eurocontrol 2009, Strategic Guidance in Support of the Execution of the European ATM Master Plan, Version 1.0, May 2009.
6. FAA 1996, Federal Aviation Administration Human Factors Team Report on: The Interfaces Between Flightcrews and Modern Flight Deck Systems, June 18, 1996.
7. ICAO 2006, Doc 9870/AN 463, Best Practices on the Flight Deck.
8. JPDO 2007. Concept of Operations for the Next Generation Air Transportation System. V 2.0.
9. Lasswell, J.W. & Wickens, C.D. 1995, The effects of display location and dimensionality on taxiway navigation, Technical Report No. ARL-95-5/NASA-95-2. Savoy: University of Illinois.
10. Lyall, B., Niemczyk, M., Lyall, R. & Funk, K. 1997, Flightdeck Automation: Evidence for Existing Problems. In: Proceedings of the Ninth International Symposium on Aviation Psychology.
11. Parasuraman, R., Sheridan, T.B. & Wickens, C.D. 2000, A model for types and levels of human interaction with automation, IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, 30, 286-297.
12. SESAR JU 2008, 17 airlines, airports, air navigation service providers and manufacturers to test low-CO2-emission flight procedures, ATC Network News, 11/18/2008.

# Chancen und Herausforderungen neuer Anzeigekonzepte auf Basis cockpitfüllender Anzeigen in der zivilen Luftfahrt

Christian DREGE und Uwe KLINGAUF

*Institut für Flugsysteme und Regelungstechnik,  
Technische Universität Darmstadt, Petersenstraße 30, D-64287 Darmstadt*

**Kurzfassung:** In militärischen Flugzeugen bereits eingeführt, in der zivilen Luftfahrt als Studien erkennbar, ermöglichen cockpitfüllende Anzeigen neue revolutionäre Anzeigekonzepte. Mit der Einführung dieser Anzeigen wäre man damit nach den analogen Anzeigen, den Multifunktionsanzeigen heutiger Glascockpits bei einer dritten Generation von Cockpits angekommen. Dies entspräche allerdings nur der halben Wahrheit, denn vorhandene Anzeigekonzepte haben bei dieser revolutionären Entwicklung nicht mitgehalten. Durch den Einsatz cockpitfüllender Anzeigen werden unzählige neue Möglichkeiten der Informationsdarbietung geschaffen. Es wird möglich sein, die immer weiter steigende Informationsflut, bedingt durch bessere Sensoren aber auch durch die Wandlung des Aufgabenfeldes des Piloten, durch eine flexible Anordnung der Anzeigeelemente besser zu beherrschen und das Situationsbewusstsein des Piloten weiter zu erhöhen sowie seine Leistungsfähigkeit durch eine Optimierung seiner Beanspruchung zu reduzieren. Diese Veröffentlichung stellt Defizite der heutigen visuellen Informationsdarstellung in zivilen Cockpits dar, stellt eine Technologie zum Lösen dieser Defizite vor und gibt Anregungspunkte zu Anzeigekonzepten, die basierend auf dieser Technologie denkbar sind. Ebenso werden die Chancen, aber auch die Herausforderungen der Lösungsmöglichkeiten diskutiert.

**Schlüsselwörter:** adaptive Mensch-Maschine Schnittstelle, Situationsbewusstsein, Anzeigekonzepte.

## 1. Einleitung

Neue Konzepte des zukünftigen Flugverkehrsmanagements, die derzeit in Europa und den Vereinigten Staaten entwickelt werden, sehen teilweise eine Verlagerung einzelner Aufgaben von den Fluglotsen zu den Piloten vor (Eurocontrol 2009; JPDO 2007). Die Forderung nach „All Conditions Operations“, also der sicheren, pünktlichen und effizienten Durchführung der Flugmission unabhängig von Einflüssen wie Wetter und Verkehrslage führt zu einer weiter gesteigerten Komplexität der Pilotenassistenzsysteme. Doch wie soll eine solche gesteigerte Komplexität in ein Flugzeugcockpit integriert werden? Neue, zusätzliche Anzeigen (Hardware) fallen durch den begrenzten Platz weg. Es bliebe also diese Informationen in neue Menüstrukturen, etc. bestehender Anzeigeelemente zu verpacken. Die evolutionäre Cockpitentwicklung der letzten Jahrzehnte ging, von einigen Ausnahmen abgesehen, diesen Weg. In den ersten Cockpits fanden sich nur sehr wenige analoge Instrumente. Mit der Entwicklung neuer Technologien wurde die Anzahl dieser Instrumente weiter erhöht, bis man in den 1970er Jahren an Grenzen, bedingt durch den Platzmangel im Cockpit, stieß. Daraufhin führte man das sogenannte Glascockpit, das auf Multifunk-



tionsanzeigen (MFD) zur Darstellung von Flug- und Sensordaten beruht, ein. Mit Hilfe dieser Multifunktionsanzeigen erhöhte man die Informationsanzahl durch das Hinzufügen neuer Menüstrukturen bzw. durch die Erhöhung der Informationsdichte auf diesen MFD. Diese zweite Generation von Cockpits (vgl. Adam 1991) stellt bis heute den Standard in zivilen Cockpits dar.

Doch kann diese Lösung die zukünftigen Anforderungen erfüllen? Lassen sich damit die Probleme lösen, die durch die gesteigerte Komplexität und die Fülle an Informationen auftreten werden? An einem Beispiel soll verdeutlicht werden, dass die weitere Anreicherung von Informationen in bestehende Anzeigeelemente keine Lösung sein kann.

Das Navigationsdisplay (ND) heutiger Flugzeugcockpits zeigt dem Piloten im Wesentlichen eine Kompassrose, Wegpunkte und seine Flugroute an. Neuste Entwicklungen haben zur Verbesserung des Situationsbewusstseins (SA) in der Rollphase, d.h. während des Manövrierens am Boden, die Darstellung von Flughafenkarten auf dem ND hervorgebracht. Zusammen mit dieser Darstellung ist es dem Piloten möglich seine eigene Route am Boden, beispielsweise vom Abfluggate zur Startbahn, grafisch anzuzeigen. Eine weitere Verbesserung soll in diesem Zusammenhang auch die Darstellung von anderen Verkehrsteilnehmern hauptsächlich anderen Flugzeugen, dem sogenannten Fremdverkehr, bieten. Beide Entwicklungen weisen jedoch, bedingt durch die nicht für die Informationsmenge ausgelegten Anzeigen, Defizite auf. So lässt sich sehr leicht nachvollziehen, dass sich je nach gewähltem Ausschnitt (Zoomlevel) der Karte eine Vielzahl von Informationen gegenseitig überlagern kann. Diese Überlagerung von Informationen, das sogenannte Cluttering, kann dementsprechend nicht dazu beitragen das Situationsbewusstsein zu erhöhen, was für die Erhöhung der Sicherheit allerdings ein entscheidender Faktor ist (Endsley 1995).

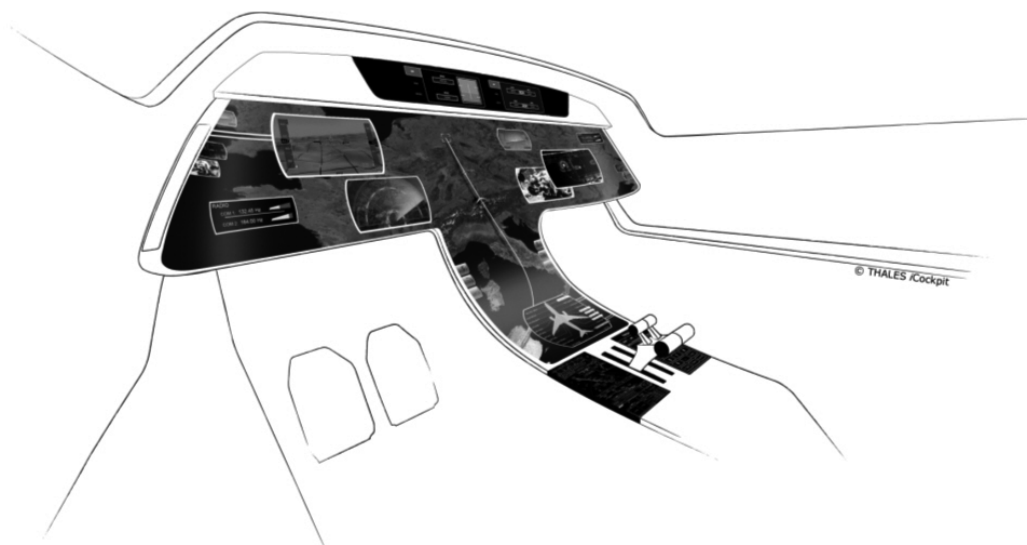
Konkrete Überlegungen zur Handhabung der „Datenexplosion“ (Adam 1991) gibt es bereits seit Anfang der 1980er Jahre. Hierbei wurde unter anderem der Nutzen von cockpitfüllenden Anzeigeflächen im Hinblick auf die ständig steigende Anzahl von Informationsquellen prognostiziert (Adam 1991). Hauptaugenmerk der Überlegungen war allerdings die Zusammenführung mehrerer Informationen, die Fusion von mehreren Anzeigeelementen zu einem einzigen aber auch der Wandel von 2- zu 3-dimensionalen Anzeigeelementen (Furness III 1986; Haralson et al. 1989). Auch ein adaptives Piloten Interface, bei dem sich dieses an den „Zustand des Piloten“ anpasst indem es beispielsweise Informationen priorisiert und nur die am höchsten priorisierten Informationen in bestimmten Situationen anzeigt wurde von (Mulgund 1996) vorgeschlagen, allerdings ohne eine konkrete Beschreibung zur Umsetzung dieses Konzeptes zu liefern.

Bisher wurde der Begriff cockpitfüllende Anzeige benutzt. Doch was versteht man unter diesem Begriff? Wie ändert diese Anzeige das traditionelle Cockpitdesign? Die Anzeige ändert das traditionelle Cockpitdesign in keiner Weise. Statt mehreren Multifunktionsanzeigen im Head-Down-Bereich des Piloten werden diese durch ein einziges, die gesamte Cockpitbreite einnehmende Anzeige, ersetzt. Diese Anzeige kann freigeformt sein. Abbildung 1 zeigt wie eine cockpitfüllende Anzeige aussehen könnte (ODICIS 2009).

Diese Änderung gibt aber einen entscheidenden Impuls, denn Informationen werden nicht mehr zwangsläufig an einen Anzeigeeort, zurzeit sind dies die einzelnen Multifunktionsanzeigen, gebunden bleiben. Auch ergeben sich neue Freiheiten bei der Darstellungsgröße. Die freie Skalierung innerhalb der Anzeigengrenzen ist im Prinzip auch bei den jetzigen Anzeigen möglich, allerdings sind diese Anzeigen so klein und der Inhalt bereits bildschirmfüllend dargestellt, dass kein Vorteil (bessere



Trennung einzelner Informationen) durch die Skalierung entstehen würde.



**Abbildung 1:** Visualisierung einer "One-Display-Cockpit" Studie im Rahmen des ODICIS Projektes (ODICIS 2009)

## 2. Anzeigekonzepte

Nachdem in der Einleitung die Probleme und Defizite angesprochen wurden stellt sich nun die Frage, wie Anzeigekonzepte für cockpitfüllende Anzeigen aussehen können?

Ein Vorteil der sich durch den Einsatz der neuen Technologie ergibt ist der, das bestehende Grenzen einzelner Anzeigeelemente aufgelöst werden können. Die einzelnen Elemente lassen sich sowohl an einem neuen Ort darstellen als auch in der Größe variieren. Durch bloße Neuordnung der Anzeigeelemente wird sich kein besseres Anzeigekonzept erzielen lassen, denn die Anordnung nach der Wichtigkeit der Informationen wie dies bei aktuellen Konzepten (Fluglageanzeige im primären Gesichtsfeld des Piloten) der Fall ist, stellt kein Defizit dar. Durch den Einsatz größenvariabler Anzeigeelemente würden sich beispielsweise Probleme durch sich überlagernde Informationen (Clutter) lösen lassen. Doch selbst durch den Einsatz großflächiger Anzeigen bleibt der Platz im Cockpit, der für die Informationen zur Verfügung steht, begrenzt. Betrachtet man zusätzlich eine dritte Komponente, die Zeit, und kombiniert die drei Variationsmöglichkeiten so lassen sich revolutionäre neue Anzeigekonzepte entwickeln. Dazu sollen im Folgenden Anregungspunkte gegeben und diese anschließend diskutiert werden.

Es lassen sich prinzipiell zwei Arten von Konzepten finden. Zum einen sind dies die statischen Konzepte, bei denen während des Betriebes, also eines Fluges, keine Adaption stattfindet. Zum anderen sind dies dynamische Konzepte, bei denen eine Adaption während des Betriebes stattfindet.

Zu den statischen Konzepten lassen sich Lösungen finden, bei denen eine Adaption an das Alter, die Fähigkeit eines Piloten, seiner Erfahrung, dessen Persönlichkeit, seiner Kultur (Herkunft), der Fluggesellschaft, des Flugzeugherstellers sowie der Rolle des Piloten vorgenommen werden kann.

Bei den dynamischen Konzepten lassen sich Lösungen zu der Situation, in der sich ein Pilot bzw. das Flugzeug befindet, der Belastung der er ausgesetzt ist, seiner

Rolle sowie des Inhaltes eines Anzeigeelementes finden. Außerdem ist ein bedarfsabhängiges Konzept denkbar.

Es soll an dieser Stelle nicht unerwähnt bleiben, dass sich die Rolle des Piloten während des Fluges ändern kann. Somit stellt dieses Konzept einen Zwitter zwischen den statischen und den dynamischen Konzepten dar.

Einen Sonderfall stellt ein Konzept dar, das sich den individuellen Wünschen des Piloten bei der Informationsdarbietung anpasst. Hierbei ist im Vorfeld nicht erkennbar, ob ein einzelner Pilot eine statische, dynamische oder eine Kombination beider vorzieht.

Ebenfalls denkbar sind Kombinationen aus diesen Konzepten, die in dieser Veröffentlichung allerdings nicht diskutiert werden.

Da bei den dynamischen Konzepten eine Adaption (Ort, Größe und Zeit) während des Betriebes stattfindet, gilt die Mode Awareness (vgl. Sarter 1995) als große Herausforderung. Hierbei sind zwei Fragen von entscheidender Bedeutung. Der Pilot muss zum einen den Betriebszustand (Modus) kennen, in dem sich das System befindet. Zum anderen muss er wissen, welche Informationen er in diesem und in anderen Zuständen zur Verfügung gestellt bekommt. Dies ist insbesondere im Hinblick auf die dritte Stufe des Situationsbewusstseins, der Projektion auf zukünftige Zustände (vgl. Endsley 1995), von Bedeutung. Im Hinblick auf die Mode Awareness stellt sich weiterhin die Frage nach der Gestaltung der Übergänge der Informationsdarstellung zwischen den einzelnen Betriebszuständen und ob deren Umschaltung manuell oder automatisch zu geschehen hat.

Bei den dynamischen Konzepten ergeben sich desweiteren von den einzelnen Konzepten abhängige Chancen und Herausforderungen. So bietet ein situationsabhängiges Anzeigekonzept, bei der die Informationen entsprechend der Flugphase bzw. der Situation angezeigt werden in der man sich befindet, eine Möglichkeit, durch eine bereits im Vorfeld (während der Entwicklung) vorgenommene Neuordnung der Informationen, dem Piloten bei der Zusammenstellung der für ihn notwendigen Informationen zu helfen in dem ihm das herausfiltern nicht relevanter Informationen abgenommen wird. Durch die genaue Abgrenzung der einzelnen Flugphasen und Situationen lassen sich eine Abgrenzung sowie eine begrenzte Anzahl an Zuständen erreichen. Dies hat zur Folge, dass der Pilot den Modus des Systems, durch ausreichendes Training, erkennen und voraussehen kann.

Gleiches gilt für die Rolle eines Piloten. Eine Absprache über die vom Piloten ausgeübte Rolle (Pilot-Flying, Pilot-Not-Flying) findet zu Beginn als auch während eines Fluges statt, so dass auch hier die Zustände vorhersehbar werden.

Schwieriger wird es dagegen bei einem dynamischen Konzept, das darauf beruht, dass die mentale Belastung des Piloten während des Fluges gemessen wird und die Informationen in Abhängigkeit seiner Belastung dargestellt werden. Hierbei stellt sich für den Piloten die Schwierigkeit den Zustand des Systems zu erkennen, da er ggf. die Messung nicht nachvollziehen kann. Für das System stellt sich die Schwierigkeit dar, die mentale Belastung exakt zu bestimmen, da diese von persönlichen Faktoren, wie beispielsweise der Motivation, der Stimmung, etc. abhängt (Rouse 1993). Eine bedarfsabhängige Darstellung lässt sich im Prinzip in heutigen Cockpits bereits erkennen. Dazu wählt man auf einem der Multifunktionsanzeigen die gewünschte Information aus und erhält diese. Diese Information befindet sich immer auf einer vor-eingestellten Multifunktionsanzeige und hat damit eine fest definierte Größe. Mit einer großflächigen Anzeige wäre es nun möglich, den Anzeigeort und die Größe der Information frei zu bestimmen. Dies hätte den Vorteil, dass die gewünschte Information, an einem ihrer Priorität entsprechenden Anzeigeort (primäres Sichtfeld des Pilo-

ten) dargestellt werden kann. Dabei stellt sich die Frage nach der Anordnung und Größe der verbleibenden Informationen (Mode Awareness).

Das letzte aufgeführte dynamische Anzeigekonzept, das eine Darstellung in Abhängigkeit des Informationsinhaltes vornimmt, stellt insofern eine Schwierigkeit dar, dass sich die Zustände häufig ändern können. So wird der Pilot durch das simple ein- bzw. ausblenden von Informationen, wie beispielsweise seiner Route oder Fremdverkehr eine Vielzahl an Zuständen hervorrufen können, die für ihn nicht handhabbar sein werden (3.Stufe SA).

Einfacher im Hinblick auf die Mode Awareness wird es, wenn man sich die statischen Konzepte anschaut, die wie oben erwähnt, während des Betriebes in einem Zustand (keine zeitliche Änderung) bleiben. Unterschiedliche Zustände können hier nur zwischen einzelnen Flügen erreicht werden, wenn sich beispielsweise der Schulungsgrad der Besatzung ändert. Hierbei handelt es sich allerdings um über einen längeren Zeitraum voraussehbare Änderungen des Zustandes. Die Konzepte, die dem heutigen Stand der Cockpitentwicklung am nächsten kommen, sind das Flugesellschaftsabhängige und das Herstellerabhängige. Bei beiden Konzepten benötigt der Pilot, wie dies aus heutiger Sicht der Fall ist, lediglich eine Einweisung um sich mit dem Anzeigekonzept vertraut zu machen.

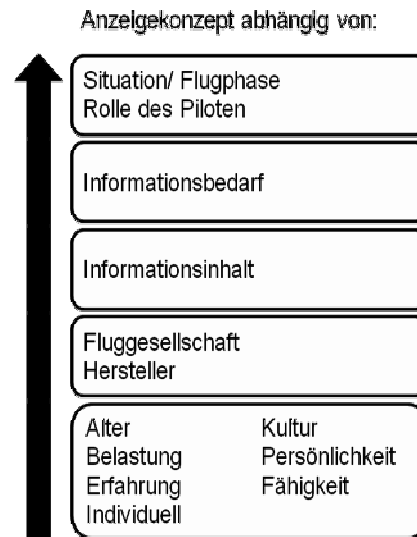
Keht man von bekannten, statischen Anzeigekonzepten ab, so ergeben sich Anzeigekonzepte, die auf individuellen Gegebenheiten beruhen.

Eine Untersuchung (Bolstad 2001) zeigte, dass das Situationsbewusstsein mit dem Alter nachlässt, dieser Effekt allerdings nicht sehr ausgeprägt ist. Es zeigte sich außerdem, dass ein Zusammenhang zwischen Alter und dem Situationsbewusstsein auch individuelle Einflüsse beinhaltet (Bolstad 2000). Einen nicht nur das Alter betreffenden Zusammenhang zwischen individuellen Unterschieden und dem Situationsbewusstsein zeigte Endsley (1994). Diese individuellen Einflüsse machen es allerdings schwer, ein Konzept zu finden, das sich für alle Piloten einer Altersstufe sowie für die anderen genannten Konzepte, wie fähigkeitsabhängig, erfahrungsabhängig und persönlichkeitsabhängig, anwenden lässt. Die genannten Punkte lassen sich sicherlich nicht unabhängig voneinander betrachten. Ist es bei den Fähigkeiten eines Piloten sicher noch möglich diese zu bestimmen (zumindest theoretisch, durch den Ausbildungsnachweis), so wird sich auf Grund der Persönlichkeit sicher kein reproduzierbares und zuverlässiges Konzept entwickeln lassen. Auch kulturelle Unterschiede der Piloten werden eher in der Symbologie oder dem Crew Resource Management, nicht jedoch in der Anordnung der Anzeigeelemente, was als Maß für deren Relevanz angesehen werden kann, Einfluss haben.

Abschließend soll nicht unerwähnt bleiben, dass individuelle Konzepte immer vor der Herausforderung stehen eine für beide Piloten gleichermaßen nutzbare, d.h. beide Piloten können ohne Einschränkungen das Konzept des anderen nutzen, Lösung hervorzubringen. Denn im Falle eines Ausfalls der Komponenten (bei cockpitfüllenden Anzeigen handelt es sich, aus Gründen der Redundanz, um mehrere nahtlos aneinandergefügte Bildschirme) eines Piloten wird dieser auf die des benachbarten Arbeitsplatzes zurückgreifen. In diesem Fall bewirkt ein auf den zweiten Piloten abgestimmtes Konzept, dass der erste möglicherweise den Zustand der Anzeige nicht erwartet (Mode Awareness) oder die Benutzung dieses Konzeptes bei ihm eine Mehrbelastung, durch ein nicht auf ihn abgestimmtes Konzept, hervorruft.

Fasst man die Betrachtungen der verschiedenen vorgestellten Anzeigekonzepte zusammen, mit den Herausforderungen, die sich durch individuelle Unterschiede der Piloten ergeben, der prinzipiellen Herausforderungen der Mode Awareness bei den dynamischen Konzepten und betrachtet die Defizite heutiger Cockpits, so lässt sich

daraus eine Reihenfolge anzustrebender Anzeigekonzepte ableiten. Diese Reihenfolge ist in Abbildung 2 dargestellt. Hierbei wird ein situationsabhängiges Anzeigekonzept als das Konzept angesehen, das ein hohes Potential gepaart mit nur wenigen Herausforderungen, im Vergleich zu den anderen Konzepten, bietet.



**Abbildung 2:** Reihenfolge anzustrebender Anzeigekonzepte für cockpitfüllende Anzeigen

### 3. Literatur

1. Adam, E.C. 1991, Tactical Cockpits – The Coming Revolution. In: IEEE National Telesystems Conference. New York, NY, S. 47 – 53.
2. Bolstad, C.A. & Hess, T.M. 2000, Situation awareness and aging. In: M.R. Endsley & D.J. Garland (Eds.), Situation awareness analysis and measurement. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
3. Bolstad, C.A. 2001, Situation Awareness: Does It Change with Age? In: Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 45th Annual Meeting. Santa Monica, CA: Human Factors and Ergonomics Society.
4. Endsley, M.R., Bolstad, C.A. 1994, Individual Differences in Pilot Situation Awareness, The International Journal of Aviation Psychology, 4, 241-264.
5. Endsley, M.R. 1995 Toward a Theory of Situation Awareness in Dynamic Systems, Human Factors, 37, 32-64.
6. Eurocontrol 2009, Strategic Guidance in Support of the Execution of the European ATM Master Plan, Version 1.0, May 2009.
7. Furness III, T.A. 1986, The super Cockpit and its Human Factors Challenges. In: Proceedings of the 30th Annual Meeting of the Human Factors Society. Santa Monica, CA: Human Factors and Ergonomics Society, S. 48 – 52.
8. Haralson, D.G., Reising, J.M. & Ghrayeb, J. 1989, Towards the Panoramic Display, and 3-D Cockpit Displays. In: Aerospace and Electronics Conference, 1989. NAECON 1989, Proceedings of the IEEE 1989 National.
9. JPDO 2007, Concept of Operations for the Next Generation Air Transportation System. V 2.0
10. Mulgund, S.S. & Zacharias, G. 1996, A situation-driven adaptive pilot/vehicle interface. In: Third Annual Symposium on Human Interaction with Complex Systems, S. 193-198.
11. ODICIS 2009, 7. EU-Forschungsrahmenprogramm. Im Internet verfügbar unter: [www.odicis.org](http://www.odicis.org), Abrufdatum: 09.12.2009.
12. Rouse, W.B., Edwards, S.L. & Hammer, J.M. 1993 Modeling the dynamics of mental workload and human performance in complex systems, IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, 23, 1662-1671.
13. Sarter, N.B. & Woods, D.B 1995, How in the world did we ever get into that mode? Mode error and awareness in supervisory control, Human Factors, 37, 5-19.

## **Augmented Identity - persönliche mobile Vernetzung in digitalen Umgebungen**

Dieter SPATH, Andreas SCHULLER, Roland BLACH, Jörg FROHNMAYER,  
Fabian HERMANN und Thorsten KLEIN

*Fraunhofer Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO),  
Nobelstraße 12, D-70569 Stuttgart*

**Kurzfassung:** Persönliche Informationen spielen im Geschäftsumfeld eine immer größere Rolle und bieten neben Datenrisiken auch Potentiale, z.B. im Professional Networking und für Ubiquitous Workplaces. Mit dem dezentralen Ansatz einer „augmented identity“ soll der Umgang mit persönlichen Daten effizient und für den Benutzer kontrollierbar gestaltet werden. Kernkonzepte einer zukünftigen mobilen Interaktion mit persönlichen Daten in intelligenten Umgebungen im Arbeitsumfeld werden vorgestellt und technische Umsetzungen im Rahmen eines Fraunhofer Challenge Projekts beschrieben.

**Schlüsselwörter:** Digital Identity, Mobile Networking, Ubiquitous Workplace.

### **1. Einleitung**

Trends wie die steigende Individualisierung und Mobilität sind im Arbeitsumfeld von zunehmender Relevanz. Ebenso werden persönliche Informationen aus unterschiedlichen digitalen Quellen immer breiter verfügbar und auch professionell genutzt. Sie bieten das Potenzial eine weitere Ebene der Interaktion und Kommunikation im Geschäftsumfeld zu ermöglichen. Das Fraunhofer Challenge Projekt „augmented identity“ hat es sich zum Ziel gemacht, eine standardisierte digitale Ebene zu schaffen, die das sogenannte „digitale Selbst“, die Gesamtmenge aller über eine Person zugänglichen Informationen, organisiert. Die „augmented identity“ – kurz a.id – kann unser digitaler Begleiter der Zukunft sein: Sie soll als Informationsspeicher und Kommunikationsschnittstelle zugleich fungieren und kann so die persönliche Identität mit dem digitalen Selbst des Menschen verbinden. Im Projekt werden Konzepte dazu entwickelt und in Form eines Demonstrators veranschaulicht.

### **2. Potentiale des digitalen Selbst im Arbeitsumfeld**

Unsere Arbeitswelt ist geprägt von steigender Informationsdichte und steigenden Anforderungen im Umgang mit diesen Informationen. Es entstehen flexible Arbeitsplatzmodelle und Arbeitsprozesse, welche ein verteiltes, dezentrales Arbeiten ermöglichen. Die a.id kann hier neue Gestaltungsoptionen bieten, da Mitarbeiter ihr Informationsnetzwerk und ihre Kommunikationsschnittstellen – und damit ein Teil der Arbeitsplatzumgebung – stets mitführen. Die a.id soll Funktionen besitzen, welche die Lebens- und Arbeitsbedingungen für Menschen erleichtern können, indem sie Nutzer bei Interaktionen mit der Umwelt unterstützt und technische Hürden minimiert. In diesem Kontext sind folgende Zukunftsszenarien von besonderer Relevanz.

- Professional Networking: Ein „Get-together“ im Rahmen einer Messe ist eine



geeignete Veranstaltung, gezielt neue Kontakte zu knüpfen. Alle anwesenden Personen führen ihre a.id mit sich, z.B. als Anwendung auf Ihrem Mobiltelefon. Die a.id tauscht – sofern der Nutzer dies erlaubt – selbsttätig persönliche Profile und Informationen mit den anderen Teilnehmern aus. Im Vorfeld der Veranstaltung wird im persönlichen Profil festgelegt, welche Informationen für andere Besucher zugänglich gemacht werden. In den Profilen lassen sich zudem individuelle Kommunikationsverhalten oder Anonymitätswünsche festlegen. Die a.id zeigt geeignete Personen und deren Aufenthaltsort an. Alternativ kann auch eine Kontaktanfrage initiiert werden Kontaktinformationen werden für eine spätere Verwendung gespeichert und lassen sich direkt an andere Systeme weitergeben, z.B. an ein CRM-System. Parallel dazu verwaltet die a.id eingehende Kontaktanfragen und informiert den Nutzer darüber zu einem geeigneten Zeitpunkt. Die Kontaktaufnahme, der Informationsaustausch und deren Verarbeitung können mithilfe der a.id vereinfachter, gezielter und effizienter erfolgen. Stärker als bisher können sich Nutzer auf eine bestimmte Aufgabe fokussieren, Informationsflüsse und Verhaltensweisen legen sie in ihrer a.id ab und verfeinern diese Einstellungen kontinuierlich.

- Ubiquitous Workplace: Aber nicht nur das Networking-Szenario zeigt, dass die a.id-Technologie großen Einfluss auf die Gestaltung von Arbeitsprozessen haben kann. Da notwendige Informationen über alle Organisationsmitglieder vor Ort zur Verfügung stehen, sind z.B. neue Strategien in der Mitarbeiterentwicklung und im Wissensmanagement denkbar. Gezielte „on-the-job-trainings“ durch andere Mitarbeiter wären möglich, Seminare könnten sehr viel stärker auf die Bedürfnisse der einzelnen Teilnehmer ausgerichtet werden und erst bei Bedarf initiiert werden. Die a.id soll bei steigender Mobilität volle Informationsverfügbarkeit bieten, so dass der Trend zum „ubiquitous worker“ – der zeit- und ortsunabhängig agiert – verstärkt wird. Neue Optionen ergeben sich zudem für die Arbeit in Teams, indem z.B. notwendige Abstimmungen wie Terminkoordinationen automatisiert zwischen den beteiligten a.ids durchgeführt werden können und Teams über gemeinsame Informationsspeicher verfügen. Weniger Fehler in der Kommunikation und eindeutiger Rollenverteilungen wären bei entsprechender Arbeitsprozessgestaltung positive Effekte.

### 3. Konzeptuelle Gestaltung und Demonstrationsumgebung

Um die Potentiale in diesen Anwendungsfeldern zu realisieren, spielt die Benutzungsschnittstelle eine wesentliche Rolle. Sie muss den Austausch digitaler Daten im mobilen Nutzungskontext einfach ermöglichen und eine intuitive und vertrauenswürdige Bedienung gewährleisten. Dies bildet eine der Voraussetzungen für Nutzerakzeptanz und Kontrollierbarkeit persönlicher Daten. Der Zugang und Austausch persönlicher Daten und Attribute findet über mobile Endgeräte statt. Welche Daten an andere a.ids weitergegeben werden, wird ebenfalls der vollen Nutzerkontrolle unterliegen. Die Daten des eigenen digitalen Selbst sollen hierbei um den Nutzer ausgestrahlt werden, vergleichbar mit der Metapher der „digitalen Aura“ (Ferscha et al. 2004) oder „digital Bubble“ (Beslay & Hakala 2005).

#### 3.1 Kernkonzepte der Benutzungsschnittstelle

Verschiedene Nutzer können unterschiedliche Einstellungen gegenüber privaten



Daten und deren Austausch haben (Hermann et al. 2009). Um eine intakte Privatsphäre des Nutzers zu gewährleisten und gleichzeitig größtmöglichen Gewinn aus einem Informationsaustausch ziehen zu können sind verständliche und klare Benutzungsschnittstellen notwendig. In dem Projekt wurden hierzu Interaktionspatterns entwickelt, um die Nutzerschnittstellen intuitiv und kontrollierbar zu gestalten. Für eine genauere Erläuterung der ausgearbeiteten Interaktionspatterns siehe Schuller et al. (2009). Einige der wesentlichen Kernaspekte werden folgend vorgestellt:

- **Gesamtidentität der a.id:** Es ist vorgesehen, dass Nutzerprofile der a.id eine umfassende Profilbeschreibung des Nutzers über verschiedene Anwendungsdomänen enthalten. Die Gesamtbeschreibung der persönlichen Identität wird in verschiedene Lebensbereiche unterteilt. Dieses persönliche Gesamtprofil ist im eigenen mobilen Client gespeichert und wird in der Ganzheit nicht zum Austausch mit anderen Interaktionspartnern verwendet.
- **Teilidentität Face:** Ein so genanntes Face ist eine Teilmenge der Gesamtbeschreibung des digitalen Selbst. Die Nutzer definieren einen Teilbereich ihrer Gesamtidentität (z.B. für einen Messebesuch) mit den dort relevanten Eigenschaften und Attributen. Das vorkonfigurierte Face bietet eine eingeschränkte Sicht auf die Daten einer Person und kann speziell ausgewählte Informationen an verschiedene Benutzergruppen und an bestimmten Orten teilen.
- **Ortsbereich Place:** Ein Place ist ein räumlich begrenzter Ort, an dem die a.id unterstützt wird und typischerweise Dienste für a.ids angeboten werden sollen. So sollen Teilnehmer die Möglichkeit haben, sich z.B. über einen Dienst selbst zu lokalisieren, öffentliche Displays anzusteuern, oder Zusatzinformationen zu Exponaten eines Messestandes zu erhalten.
- **Schutzfunktion Bodyguard:** Der Funktionsbereich Bodyguard soll die eingehenden Informationen anderer a.ids und Diensten filtern. Um unerwünschte Nachrichten zu vermeiden, können aufgrund verschiedener Kriterien Filter eingesetzt werden.
- **Finden und Suchen von Daten:** Ein Fokus der a.id liegt auf dem Auffinden passender Datensätze vor Ort. Es sind hier verschiedene Kartenansichten vorgesehen, die auf andere Teilnehmer und Dienste in der Umgebung verweisen. Diese Ansichten können über verschiedene Filterfunktionen angepasst werden.

### *3.2 Demonstrationsumgebung*

Um diese Konzepte zu veranschaulichen und zu evaluieren, wird mit aktuellen mobilen und Web-Technologien eine Demonstrationsumgebung im Rahmen des Fraunhofer Challenge Projekts „augmented identity“ realisiert. Zielplattformen der Demonstratorentwicklung sind mobile Client-Systeme (Smartphones). Der aktuelle Prototyp wird auf dem freien Betriebssystem Android entwickelt. Hierbei basiert die Kommunikation zwischen einzelnen Clients auf dem etablierten und gängigen Webstandard XMPP (XMPP Standards Foundation 2010). Die Peer-to-peer Kommunikation einzelner Demonstratorclients wurde via XMPP simuliert und gewährleistet einen plattformunabhängigen und bidirektionalen Datenaustausch auf XML Basis. Dadurch kann das Gesamtsystem durch zusätzliche Komponenten von Desktop PCs bis hin zu immersiven Virtual Reality Systemen erweitert werden. Externe Ressourcen werden bei diesem Verfahren als spezifische Clients angesehen, die auf Anfragen antworten können, vergleichbar mit einem Webservice. Dabei wird nur die benötigte, möglichst anonyme Information zur Verfügung gestellt. Mögliche Ressourcen wie

Public Displays können mit den umgebenen a.id Clients kommunizieren und ihre Dienste anbieten. Lokalisierungsdienste stellen über verschiedene Ortungsverfahren die eigene Position des Nutzers oder die anderer Nutzer zur Verfügung, so dass die Umgebung des Demonstrators im Sinne eines Smart Environments nutzbar gemacht werden kann (Hermann et al. 2009).

#### 4. Fazit

Digitale Informationen und persönliche Daten über Personen spielen in der Arbeitswelt bereits heute eine zentrale Rolle. Mit dem hier vorgestellten Ansatz „augmented identity“ soll der Umgang mit persönlichen Daten effizient gestaltet und damit die Potentiale digitaler Daten kontrolliert genutzt werden, z.B. im Professional Networking und Ubiquitous Workplace. Ein standardisierter, dezentraler Ansatz verspricht den möglichst unabhängigen aber eigenverantwortlichen Umgang mit persönlichen Daten. In Studien in der Demonstrationsumgebung soll analysiert werden, welchen Einfluss der dezentrale Peer-to-peer-Ansatz und nutzerkontrollierte Datenhaltung auf das Vertrauen der Nutzer hat, im Vergleich zu bestehenden zentralen Services, die persönliche Daten speichern, wie z.B. webbasierte Networking-Communities. Gerade im Arbeitsumfeld bestehen besondere Beschränkungen und Anforderungen an den Austausch personenbezogener und persönlicher Daten, so dass Regelungs- und Beschränkungsmechanismen von vornherein berücksichtigt werden müssen. Neben anderen Bedingungen, wie v.a. Datensicherheit, sind effektive Benutzungsschnittstellen dafür eine wesentliche Voraussetzung. Der Zusammenhang zwischen den entwickelten Konzepten zur Benutzungsschnittstelle und der von den Nutzern entgegengebrachten Akzeptanz und Vertrauen in das System, wird ebenfalls in Studien in der Demonstrationsumgebung weiter untersucht werden.

#### 5. Literatur

1. Beslay, L. & Hakala, H., 2005, Digital Territory: Bubbles, Technical Report. Sevilla: Institute for Prospective Technological Studies. Im Internet verfügbar unter: <http://cybersecurity.jrc.ec.europa.eu/docs/DigitalTerritoryBubbles.pdf>.
2. Hermann, F., Blach, R., Janssen, D., Klein, T., Schuller, A. & Spath, D., 2009, Challenges for User Centered Smart Environments. In: Proceedings of the International Conference on HCI, 2009.
3. Hermann, F., Janssen, D., Schipke, D. & Schuller, A. 2009, Acceptance of Future Technologies Using Personal Data: A Focus Group with Young Internet Users. In: Proceedings of the International Conference on HCI, HCII 2009.
4. Ferscha, A., Hechinger, M., R. Mayrhofer, R. dos Santos Rocha, M., Franz, M. & Oberhauser, R. 2004, Digital Aura, Technical Report. Linz: University of Linz, Institute for Pervasive Computing.
5. Schuller, A., Kniewel, R., Hermann, F. & Sabuncuoglu, N. 2009, Mobile Soziale Netzwerke – Interaction Patterns zur Fusion realer und digitaler Welten. Berlin: Usability Professionals Association, S. 184-188.
6. XMPP Standards Foundation, Extensible Messaging and Presence Protocol (XMPP). Im Internet verfügbar unter: <http://xmpp.org/> (15.01.2010).

## Simulation menschlicher Kognition in selbstoptimierenden Montagesystemen

Marcel Ph. MAYER, Barbara ODENTHAL, Marco FABER, Wolfgang KABUSS,  
Nicole JOCHEMS und Christopher M. SCHLICK

*Institut für Arbeitswissenschaft, RWTH Aachen University,  
Bergdriesch 27, D-52062 Aachen*

**Kurzfassung:** Für eine sogenannte kognitive Steuerung in der flexiblen Montage wird ein Planungsansatz vorgestellt, der auf der Simulation menschlicher Entscheidungsfindung basiert. Weiter werden Ergebnisse einer Untersuchung bzgl. des Einflusses von empirisch belegten Regeln auf die Vorhersagegenauigkeit als auch Generalisierbarkeit der kognitiven Steuerung vorgestellt.

**Schlüsselwörter:** Kognitive Automation, MTM, Selbstoptimierung.

### 1. Einleitung

Unter Kognition wird generell die Übertragung und Anwendung von Wissen und die Informationsverarbeitung durch das Zentralnervensystem von Lebewesen oder eine entsprechende Informationsverarbeitung in künstlichen Systemen verstanden (Strohner 1995). In diesem Kontext befasst sich ein Teilprojekt im Bereich der selbstoptimierenden Produktionssysteme des Aachener Exzellenzclusters „Integrative Produktionstechnik für Hochlohnländer“ mit der Konzeption und prototypischen Realisierung einer sog. »kognitiven Planungs- und Steuerungseinheit« (engl. cognitive control unit, kurz CCU), die aufgrund ihrer symbolischen Wissensrepräsentation in der Lage ist, sich selbst hinsichtlich vorgegebener Kriterien zu optimieren, die aber vor allem mit den hochqualifizierten Mitarbeitern in einem Hochlohnland wie Deutschland weiter entwickelt und effizient betrieben werden kann.

Eine Steuerung, die aufgrund ihrer Wissensrepräsentation quasi eigenständig und situationsbezogen planen kann, wird einen deutlichen Einfluss auf das Aufgabenspektrum des Operators bzw. Facharbeiters haben (Mayer et al. 2009; Odenthal et al. 2009). In diesem Beitrag soll anhand der robotergestützten Montage aufgezeigt werden, wie durch eine menschenzentrierte Gestaltung der CCU die Kompatibilität des Systemverhaltens mit der Erwartungshaltung des Operators verbessert werden kann, um somit die Arbeit sicher, produktiv und beeinträchtigungsfrei gestalten zu können.

### 2. Methode

Die Grundidee der hier vorgestellten kognitiven Steuerung zielt auf einen am Menschen orientierten Beschreibungsansatz des Prozesswissens ab. Mit anderen Worten soll das in der kognitiven Steuerung hinterlegte Prozesswissen dem mentalen Modell des Menschen angepasst werden, so dass das Verhalten des kognitiven technischen Systems für den Menschen leicht verständlich und somit erwartungskonform ist.

Um kognitive Funktionen in der Planungsschicht der kognitiven Steuerung zu si-

mulieren, wurde die kognitive Architektur SOAR ausgewählt, deren interne Wissensbasis in Form von Produktionsregeln (Wenn-Dann-Regeln) aufgebaut ist (Leiden et al. 2001). Ein regelbasierter Ansatz hat – gegenüber emergenten Systemen wie z.B. künstlichen neuronalen Netzen – den Vorteil, dass dieser nicht aufwändig vorkonditioniert werden muss. SOAR ist in der Lage, bis zu einem gewissen Grad regelbasierte Entscheidungen des Menschen zu simulieren und sich ständig wiederholende, eintönige Tätigkeiten ohne Ermüdung zu übernehmen (Hauck et al. 2008). Die Simulation echten wissensbasierten Verhaltens (sensu Rassmussen 1986) ist damit jedoch nicht möglich.

Zur Gestaltung der Prozesslogik im Hinblick auf den Montageroboter wurden elementare Bestandteile der MTM-1 Taxonomie verwendet. Grundlegende Hypothese ist, dass eine Ablaufsequenz bestehend aus empirisch abgesicherten und erwartungskonformen Grundelementen vom Menschen leicht verstanden und ggf. optimiert werden kann, auch wenn die ausführende Instanz ein Robotergreifarm ist (siehe Gazzola et al. 2007). Die in Produktionsregeln bzw. sog. SOAR-Operatoren umgesetzten MTM-Bestandteile sind gleichberechtigt und daher nicht in einer Ablaufreihenfolge definiert. Sie entsprechen den MTM-1-Grundbewegungen HINLANGEN, GREIFEN, BEWEGEN (mit parallel ausgeführtem DREHEN), POSITIONIEREN und LOSLASSEN. Zusätzlich sind weitere Regeln hinterlegt, die je nach verwendeten Grundelementen die physikalischen Randbedingungen (bspw. Fügerichtung oder Bedingungen für die Positionierbarkeit eines Elements) beinhalten, aber auch beurteilen, ob ein zugeführtes Element direkt verbaut werden kann oder für einen späteren Montageschritt in einem Zwischenspeicher abgelegt werden soll.

Wiederholte Simulationsläufe sowohl mit vorkommissionierten Teilesätzen (alle benötigten Steine waren vorhanden) als auch mit zufälliger Bauteilbereitstellung (Bereitstellung auch nicht benötigter Steine) zeigen, dass das gewünschte Zielobjekt fehlerfrei und in der erwarteten Anzahl an geschlossenen Zyklen aufgebaut wird. Allerdings muss hierbei eingeräumt werden, dass die Varianz der beobachtbaren Montagesequenzen immens ist und somit trotz der Verwendung einer anthropozentrischen Taxonomie in Form von MTM-1 die Frage aufgeworfen wird, ob der beschriebene Ansatz ausreichend ist, um die Erwartungskonformität des Systemverhaltens für den Benutzer der Montagezelle sicherzustellen.

Um eine stärkere Berücksichtigung des Elaborationswissens des Menschen und somit eine positive Auswirkung auf die Erwartungskonformität des Systemverhaltens zu erlangen, konnten Mayer et al. (2009) basierend auf einer empirischen Versuchsreihe bzgl. Aufbaustrategien bei Baugruppen aus einfachen Geometrien drei generelle Regeln ableiten, welche hinsichtlich einer Erweiterung der Regelbasis der kognitiven Steuerung empirisch validiert werden müssen:

- Die Position des ersten zu montierenden Steins liegt aus Probandensicht auf einer der linken Eckpositionen (87,5% der Fälle in der Stichprobe). Soll diese Regel auch auf andere Baugruppen als solche mit rechteckigem Grundriss angewandt werden, so muss die Regel dahingehend angepasst werden, dass Steine an Randpositionen präferiert werden (100%).
- Steine, die in einem Bauzustand an einen direkt angrenzenden Stein gesetzt werden können, werden bevorzugt gewählt (81%). Dies wird im Weiteren als sog. Einhalten der Nachbarschaftsbeziehung bezeichnet.
- Das Zielobjekt wird in Ebenenbauweise aufgebaut, wobei die Ebenen parallel zur Montagefläche liegen (81%).

### 3. Vorgehen und Ergebnisse

Anhand der unabhängig erhobenen Aufbausequenzen einer zweiten Versuchsreihe mit zur ersten Versuchsreihe vergleichbarer Aufgabenstellung soll untersucht werden, welchen Einfluss die Regeln sowohl einzeln als auch in Kombination auf die Vorhersagegenauigkeit der CCU sowie auf die Generalisierbarkeit hinsichtlich der vom Menschen durchgeführten Montageschritte haben. Der kognitiven Steuerung werden hierfür in einer selbst entwickelten Simulationsumgebung jeweils unabhängige Regelsätze, bestehend aus den Regeln des beschriebenen Referenzmodells sowie der jeweiligen erhobenen Zusatzregel, übergeben und mehrfach simuliert. Die so entstehenden Daten geben Aufschluss über den Einfluss eines jeden Regelsatzes auf die Vorhersagegenauigkeit der Simulation, also das Vermögen den nächsten Schritt kompatibel zur menschlichen Montagehandlung zu setzen, und über die Generalisierbarkeit des Regelsatzes in Bezug auf die durchgeführte zweite Versuchsreihe. Um diesen Einfluss anhand quantifizierbarer Größen zu beurteilen, werden die im Folgenden beschriebenen abhängigen Variablen LCP zur Bewertung der Vorhersagegenauigkeit und RoG zur Bewertung der Generalisierbarkeit herangezogen:

LCP (Logarithmic Conditional Probability): Der LCP-Wert gibt die logarithmierte Gesamtwahrscheinlichkeit einer montierten Sequenz wieder. Dabei beschreibt

$p(x_i|x_{i-1})$  die Wahrscheinlichkeit eines Steines an einer Position – unter der Annahme eines gegebenen Zustandes – gesetzt zu werden:

$$LCP = \sum_{i=1}^n \log_{10} p(x_i|x_{i-1}) \quad (1)$$

RoG (Ratio of Generality): Ist der LCP-Wert einer gegebenen Sequenz nicht definiert, so ist diese Sequenz nicht durch den betrachteten erweiterten Regelsatz beschrieben. Die Menge dieser Sequenzen wird durch  $n_{\notin LCP}$  beschrieben. Setzt man die verbleibende Anzahl der Sequenzen zur Gesamtheit aller Sequenzen ins Verhältnis, so erhält man ein Maß für die Allgemeingültigkeit einer Regelbasis:

$$RoG = \frac{1 - n_{\notin LCP}}{n_{ges}} \quad (2)$$

In Tabelle 1 sind die Mittelwerte und Standardabweichungen der LCP- sowie die RoG-Werte in Abhängigkeit der jeweiligen Regelsätze dargestellt. Hierbei zeigt sich, dass Regel 1 nur einen geringen Einfluss auf die Vorhersagegenauigkeit hat, wohingegen Regel 2 und Regel 3 einen stärkeren Einfluss haben. Durch die in der Forschung bekannten overfitting-Effekte sinkt die Generalisierbarkeit mit steigender Vorhersagegenauigkeit. Die höchste Kompatibilität hinsichtlich menschlicher Montagetätigkeiten und somit die höchste Vorhersagegenauigkeit ( $LCP = -15,09$ ) ergibt sich bei der Kombination aller Regeln. In diesem Fall liegt die Generalisierbarkeit bei 0,916, d.h. lediglich 8,4% der Montagesequenzen lassen sich durch diesen Regelsatz nicht simulativ abbilden. Dieses Ergebnis zeigt deutlich, dass bereits geringfügige Erweiterungen der Wissensbasis einer CCU zu einer deutlichen Erhöhung der Erwartungskonformität im Verhalten von Montagerobotern führen können.



**Tabelle 1:** Simulationsergebnisse der Vorhersagegenauigkeit und Generalisierbarkeit

<b>Regelsatz</b>	<b>LCP (<math>\sigma_{LCP}</math>)</b>	<b>RoG</b>
Referenzmodell (RM)	-25,53 (1,01)	1
RM + Regel 1	-25,34 (1,06)	0,984
RM + Regel 2	-20,63 (1,82)	0,94
RM + Regel 3	-20,66 (1,15)	0,964
RM + Regel 1&2	-20,38 (1,90)	0,936
RM + Regel 1&3	-20,24 (1,35)	0,952
RM + Regel 2&3	-15,23 (1,41)	0,92
RM + Regel 1&2&3	-15,00 (1,47)	0,916

#### 4. Zusammenfassung

In dem vorliegenden Beitrag wurde ein am Menschen orientierter Beschreibungsansatz der Regelbasis einer kognitiven Steuerung vorgestellt. Weiter wurde der Einfluss dreier empirisch erhobener Regeln auf die Vorhersagegüte der kognitiven Steuerung als auch auf die Generalisierbarkeit untersucht und die Ergebnisse vorgestellt. Es konnte gezeigt werden, dass bei vertretbaren Einbußen in der Generalisierbarkeit (8,4%) die Vorhersagegüte deutlich gesteigert werden kann (Faktor 1010).

#### 5. Literatur

1. Gazzola, V., Rizzolatti, G., Wicker, B. & Keysers, C. 2007, The anthropomorphic brain: The mirror neuron system responds to human and robotic actions, *NeuroImage*, 35,1674-1684.
2. Hauck, E., Gramatke, A. & Henning, K. 2008, Cognitive Technical Systems in a Production Environment. In: *Proceedings of the Fifth International Conference on Informatics in Control, Automation and Robotics*. Madeira, Portugal: ICINCO.
3. Leiden, K., Laughery, K.R., Keller, J., French, J., Warwick, W. & Wood, S.D. 2001, A Review of Human Performer Models for the Prediction of Human Error. Prepared for: National Aeronautics and Space Administration System-Wide Accident Prevention Program. Moffet Field CA: Ames Research Center.
4. Mayer, M., Odenthal, B., Grandt, M. & Schlick, C. 2008, Anforderungen an die benutzerzentrierte Gestaltung einer Kognitiven Steuerung für Selbstoptimierende Produktionssysteme. In: *Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V. (Hrsg.), Produkt- und Produktions-Ergonomie - Aufgabe für Entwickler und Planer*. Dortmund: GfA-Press.
5. Mayer, M., Odenthal, B., Faber, M., Kabuß, W., Kausch, B. & Schlick, C. 2009, Simulation of Human Cognition in Self-Optimizing Assembly Systems. In: *Proceedings of 17th World Congress on Ergonomics IEA 2009*. Beijing.
6. Odenthal, B., Mayer, M., Kabuß, W., Kausch, B. & Schlick, C. 2009, Error Detection in an Assembly Object Using an Augmented Vision System. In: *Proceedings of 17th World Congress on Ergonomics IEA 2009*. Beijing.
7. Rasmussen, J. 1986, *Information Processing and Human-Machine Interaction. An Approach to Cognitive Engineering*. New York, NY: North-Holland.
8. Schlick, C., Odenthal, B., Mayer, M., Neuhöfer, J., Grandt, M., Kausch, B. & Mütze-Niewöhner, S. 2009, Design and Evaluation of an Augmented Vision System for Self-Optimizing Assembly Cells. In: C. Schlick (Hrsg.), *Industrial Engineering and Ergonomics*. Berlin: Springer.
9. Strohnner, H. 1995, *Kognitive Systeme*. Opladen: Westdeutscher Verlag.

Die Arbeiten werden von der Deutschen Forschungsgemeinschaft im Rahmen des Exzellenzclusters „Integrative Produktionstechnik für Hochlohnländer“ gefördert.



# Innovationsstrategien jenseits traditionellen Managements - Innovationen realisieren – Kompetenzen entwickeln

Arno GEORG, Heike JACOBSEN und Milena JOSTMEIER

*Sozialforschungsstelle Dortmund, ZWE der TU Dortmund,  
Evinger Platz 17, D-44339 Dortmund*

**Kurzfassung:** Im einem BMBF-Förderschwerpunkt arbeiten derzeit 43 transdisziplinäre Forschungsverbünde an der Entwicklung von Innovationsstrategien jenseits traditionellen Managements. Durch die Förderung organisationaler und individueller Innovationsfähigkeit sollen unternehmerische Wettbewerbsfähigkeit und die Sicherung von Beschäftigung und Beschäftigungsfähigkeit verbessert werden.

**Schlüsselwörter:** Innovation, Arbeitsgestaltung, Kompetenz, Verbundforschung.

## 1. Einleitung

Im BMBF-Förderschwerpunkt „Innovationsstrategien jenseits traditionellen Managements“ arbeiten derzeit 43 Verbünde (insgesamt 166 Teilvorhaben, entsprechend ca. 300 Aktive) in Forschungs- und Entwicklungsvorhaben daran, die Potentiale für Innovationen in Deutschland zu stärken. Das Ziel ist, durch Förderung organisationaler und individueller Innovationsfähigkeit einen Beitrag zur Steigerung unternehmerischer Wettbewerbsfähigkeit sowie zur Sicherung von Beschäftigung und Beschäftigungsfähigkeit zu leisten. Mit der Ausrichtung an einem „weiten“ Innovationsbegriff, der neben technischen auch methodische, administrative und soziale Innovationen berücksichtigt, werden im Förderschwerpunkt in sechs Fokusgruppen Fragen aufgenommen, die in den Arbeitswissenschaften wie auch in Politik und Wirtschaft derzeit intensiv diskutiert werden:

- Welche Folgerungen für die Gestaltung von Arbeit im Sinne von Innovationsförderung, Kompetenzentwicklung und Prävention können auf Basis der entwickelten Modell-Lösungen für die Verankerung in anderen Kontexten gezogen werden?
- Welche Effekte zeitigen die Projekte für die gesellschaftliche Teilhabe unterschiedlicher Gruppen von Erwerbstätigen unter den Bedingungen innovationsorientierter Unternehmensstrategien in der Krise?
- Welche Wirkungen entfalten die geförderten Modelle auf die Innovationspotenziale der Unternehmen, der Individuen und der Gesellschaft?
- Welche Ergebnisse und Erfahrungen aus der Arbeitsforschung in Verbundprojekten aus Wissenschaft und Praxis wirken in die mit (Erwerbs-) Arbeit befassten Wissenschaftsdisziplinen hinein?

## 2. Das Metaprojekt MANTRA

Das Metaprojekt MANTRA, ein „lernendes Instrument“ des PT-DLR innerhalb der BMBF-Förderstrategie, hat für sich die Aufgaben Synergien nutzen, Verbundforschung reflektieren, Transfer fördern, Effekte bewerten und Synthesen erarbeiten de-

finiert.

## *2.1 Synergien nutzen*

Die Gesamtheit der Projekte des Förderschwerpunkts soll in Beziehung gesetzt werden zu weiteren nationalen und internationalen Aktivitäten zur Steigerung des Innovationspotenzials auf der Ebene von Unternehmen und Individuen und zur Verbesserung der Arbeitsbedingungen: Angesichts der großen Bedeutung von Innovationsfähigkeit für die wirtschaftliche und gesellschaftliche Entwicklung Deutschlands und der EU wird in einer Vielzahl von Kontexten an den förderlichen Bedingungen für Innovation gearbeitet. Ergebnisse und Erfahrungen dieser Initiativen und Programme sollen systematisch in Hinblick auf die Themenstellungen der Verbundprojekte bzw. des Förderschwerpunkts aufbereitet und nutzbar gemacht werden für die Projekte.

## *2.2 Verbundforschung reflektieren*

Die Arbeit der Verbundprojekte soll so begleitet werden, dass die Beteiligten dabei unterstützt werden, ihre Erfahrungen zu reflektieren und produktiv in die Projekte einzubringen. Dabei ist zu fragen, wie anschlussfähig das in Projekten erzeugte Wissen an die Wissensbestände der jeweiligen Community ist und inwieweit es dazu beiträgt, auch in anderen Forschungskontexten für die Arbeitswelt relevante Problemstellungen aufzugreifen.

## *2.3 Transfer fördern*

Die einzelnen Verbundprojekte, die geplanten Fokusgruppen und der Förderschwerpunkt insgesamt sollen darin unterstützt werden, ihre Wirkung in die Praxis zu vergrößern: Kritisch erscheint nach vorliegenden Bilanzierungen der Wirkung von Forschungs- und Entwicklungsprojekten zur Gestaltung von Arbeitsstrukturen immer wieder, dass die Ergebnisse aus in einzelnen Unternehmen entwickelten Lösungen häufig nicht über die unmittelbar beteiligten Projektpartner hinaus transferiert werden. Um den Transfer zu verbessern und nachhaltig zu sichern ist zu klären, welche Akteure für den Transfer von Projektergebnissen in weitere Praxisfelder relevant sind und mit welchen Formen von Transferkommunikation diese am ehesten erreicht werden.

## *2.4 Effekte bewerten*

Zentrales Ziel der Metaanalyse der Arbeit des Förderschwerpunkts sind Hinweise auf projektübergreifende inhaltlich-thematische Anschlüsse vor dem Hintergrund einer Analyse von Innovationsstrategien. Darüber hinaus ist das im Förderschwerpunkt insgesamt vorhandene / entstandene innovative Potential zu identifizieren und zu bewerten im Hinblick darauf, wo graduelle Verbesserungen, wo Basisinnovationen und wo Methoden-Innovationen erzielt wurden, die auch für künftige Vorhaben genutzt werden sollten. Insbesondere die Nachhaltigkeit von Innovationsstrategien über kurzfristige Impulse hinaus, ihre längerfristige Diffusionsfähigkeit und die von ihnen ausgehenden Wirkungen für die Beschäftigten und die Gesellschaft insgesamt sind zu erschließen.

## 2.5 Synthesen erarbeiten

Die Ergebnisse der Arbeit der Verbundprojekte und Fokusgruppen sollen zusammengeführt, aufeinander bezogen und synthetisiert werden, um den spezifischen Beitrag des Förderschwerpunkts zum Programm „Arbeiten – Lernen – Kompetenzen entwickeln. Innovationsfähigkeit in einer modernen Arbeitswelt“ und zu den anderen Initiativen des Bemühens um eine bessere „Innovationskultur“ in Deutschland herauszuarbeiten und für die Praxis zur Verfügung zu stellen. Die Session soll durch die Präsentation von Projektzwischenergebnissen aus den thematischen Fokusgruppen des Förderschwerpunktes exemplarisch die Breite der gewählten Innovationsstrategien jenseits traditionellen Managements darstellen.

## 3. Neue Qualität gesundheitlicher Belastungen in der Wissensarbeit als Innovationsbremse? (Kurt-Georg Ciesinger, Rüdiger Klatt, Dagmar Siebecke)

Am Beispiel der IT-Branche zeigt sich, dass Wissensarbeit prinzipiell geeignet ist, die Anforderungen an „gute Arbeit“ umfassend zu realisieren. Die neuen Arbeitsformen haben ein hohes Potenzial, die Zielsetzungen der Arbeitsforschung und Arbeitsgestaltung zukünftig zu realisieren, weil sie z.B. in den Dimensionen Handlungsspielräume, Aufgabenvielfalt, Selbstbestimmung, lebenslanges Lernen schon heute eine vergleichsweise hohe Qualität aufweisen.

Mit den verschiedenen Formen flexibler, diskontinuierlicher und prekärer Beschäftigung korrelieren aber zunehmend Gesundheitsrisiken, die sich

- aus einem kaum messbaren Umschlag von engagierter Arbeitsfreude in negative Stressbelastung,
  - aus der Entwertung des Betriebes als „Ort“ des Arbeits- und Gesundheitsschutzes,
  - aus sich jeder Messung entziehenden kumulativen Risiken des Erwerbsverlaufes,
  - aus der Gleichzeitigkeit verschiedener Tätigkeiten bzw. nebenberuflicher Selbstständigkeit oder
  - aus dem zunehmenden Verlust an Arbeitsplatzsicherheit
- ergeben.

Die neuen Arbeitsformen führen insbesondere zu einem neuen Typus psychischer Belastungen, die vor allem die Leistungsträger in den Unternehmen treffen und damit die Innovationsfähigkeit in der Wissensarbeit nachhaltig beeinträchtigen. Gelingt es nicht, die Ressourcen zur Vermeidung psychischer Erschöpfung zu steigern und die Zunahme psychischer Erkrankungen aufzuhalten, so droht die Innovationsfähigkeit gerade der Leitbranchen der deutschen Wirtschaft nachhaltig Schaden zu nehmen, weil eine „Burnout-Welle“ auf die Unternehmen zurollt und ihnen die Leistungsträger und Innovatoren entzieht.

Der Vortrag stellt als Lösungsansatz den Aufbau betriebsunabhängiger, interdisziplinärer Präventionszentren insbesondere für Wissensarbeiter/innen vor, der derzeit im Rahmen des Projektes praxis entwickelt wird.

#### **4. Technologieadaption und Arbeitsgestaltung – „Praktiken“ zur Beschleunigung von Hightech-Entwicklungen (Jens Leyh, David Kremer, Joachim Warschat, Walter Ganz)**

Innovationsfähigkeit bedeutet nicht nur, innovative Ideen zu haben, sondern auch diese umzusetzen. Dieser Teil des Innovationsprozesses – das Umsetzen der Idee – ist ungleich schwieriger. Für den Hightech-Standort Deutschland, der seine Innovationsfähigkeit als einen wesentlichen Faktor in die Waagschale des internationalen Wettbewerbs wirft, ist dies für die Adaption neuer Technologien umso wichtiger.

Die entscheidende Triebkraft einer erfolgreichen Technologieadaption ist die erfolgreiche Integration marktgetriebener und technologiegetriebener Entwicklungen. Viele Unternehmen stehen vor der Herausforderung, für sie geeignete Technologien und damit verbundene Chancen zu erkennen sowie sie in Produkte und Leistungen umzusetzen. Hinzu kommt, dass Technologien nicht immer so eingesetzt werden, wie ursprünglich vermutet. Ursprüngliche geplante Pfade der Technologieentwicklung verändern sich im Innovationsprozess und werden durch den Pfad des Marktes (market-pull) und den Pfad der Technologie (technology push) geprägt. Unterschiedliche Triebkräfte, dynamische Zielveränderungen und eine Vielzahl von Beteiligten sind signifikant für das komplexe Zusammenwirken von technology push und market pull bei der Technologieadaption.

Die Frage, mit welchen Prozessen und Strukturen sichergestellt werden kann, dass Wissen zu neuesten technologischen Entwicklungen und Trends als relevant erkannt und in Unternehmen gezogen werden können, berührt unmittelbar die Frage nach einer angemessenen Arbeitsgestaltung. An das Unternehmen situationsbezogen anpassbare Handlungspraktiken, systematisiert nach Unternehmenstypen und in typischen Technologieadaptionssituationen anwendbar, sind für die Arbeitsgestaltung von besonderer Bedeutung.

In dem Beitrag wird auf folgende Fragen eingegangen: Welche Herausforderungen und Erfolgsfaktoren bestimmen eine erfolgreiche Technologieadaption? Wie sehen „Muster“ der Technologieadaption in „typischen“ Hightech-Unternehmen aus? Welche Handlungspraktiken sind in welchen Situationen geeignet, um eine schnelle Adaption neuer Technologien zu ermöglichen?

#### **5. Kollaborative offene Innovationen auf Mitarbeiterebene in Netzwerken kleiner und mittlerer Unternehmen (KMU) – Web 2.0 als Wegbereiter einer modernen Arbeitswelt? (Nadine Lindermann, Sylvia Valcárcel, Harald F.O. von Kortzfleisch)**

Moderne Arbeitswelten zeichnen sich nicht nur durch Unternehmen aus, die durch innovative Konzepte ein positives Arbeitsumfeld für jeden einzelnen Mitarbeiter schaffen, sondern auch durch die Menschen selbst, die ihr Können und ihre Kreativität mit in die Arbeitswelt einbringen und dort kontinuierlich weiterentwickeln. Gerade für Netzwerke kleiner und mittlerer Unternehmen (KMU) bedeutet dieser Trend eine neue Kultur der Arbeit, in der die Mitarbeiter als gleichberechtigte Partner ihre Kompetenzen in eine unternehmensübergreifende Zusammenarbeit mit einbringen – und zwar losgelöst von der bestehenden hierarchischen Struktur des eigenen Unternehmens. Durch den Austausch und das Einbringen unterschiedlichster Kompetenzen können gemeinsam innovative Lösungen für Probleme aus dem Berufsalltag der Mitarbeiter generiert werden.

Die Gestaltung der modernen Arbeitswelt wurde in der Vergangenheit durch die Entwicklung neuer Technologien erst möglich gemacht. Die Entstehung gemeinsamer Innovationen in KMU-Netzwerken bedarf eines Instruments, das die aktive Teilnahme eines jeden Mitarbeiters im unternehmensübergreifenden Kontext unterstützt. In diesem Zusammenhang erforscht das Forschungsprojekt KMU 2.0 den Einsatz von Web 2.0-Technologien hinsichtlich ihres Unterstützungspotentials bei der kooperativen Generierung innovativer Lösungen des Berufsalltags. Zentrale Fragestellung dabei ist, ob der Einsatz von Web 2.0 in einem Netzwerk von KMU den Austausch innovativer Ideen durch Vernetzung der Mitarbeiter und ihres kreativen Potentials fördert. Die Ergebnisse des Forschungsprojektes zeigen, dass die Entstehung kollaborativer offener Innovationen mit Hilfe von Web 2.0 in Netzwerken von KMU ein Vorgehen erfordert, das sowohl die Unternehmer als auch die Mitarbeiter an die moderne Arbeitswelt schrittweise heranzuführt. Neben den organisatorischen Herausforderungen haben die in Frage kommenden Web 2.0-basierten Anwendungen dabei selbst eine Hürde zu nehmen: sie stehen in Konkurrenz zu allen bereits vorhandenen Anwendungen des Internet. Dieser Beitrag skizziert die Ergebnisse des Forschungsprojektes KMU 2.0 und gibt Handlungsempfehlungen für die Überwindung organisatorischer sowie technischer Barrieren der Gestaltung einer modernen Arbeitswelt. Im Kern gilt es die Frage zu beantworten, ob und inwiefern das Instrument Web 2.0 ein Wegbereiter der modernen Arbeitswelt sein kann.

## **6. Transferstrategien zur breitenwirksamen Nutzung arbeitswissenschaftlicher Erkenntnisse in kleinen- und mittelständischen Unternehmen (Friedhelm Keuken, Ulrich Sassenbach)**

Die Arbeitswissenschaften haben in den vergangenen Jahren eine Fülle von Wissen über nachhaltige, innovative, menschengerechte und wettbewerbsfähige Unternehmensführung generiert. Gleichzeitig ist festzustellen, dass dieses Wissen in den ca. 1,7 Mio. KMU in Deutschland, in denen rd. 42% aller Beschäftigten arbeiten, zum Teil nur rudimentär vorhanden ist.

Es stellt sich also die Frage, wie dieses Wissen den Weg in KMU finden kann. Dazu gibt es offenkundig interne und externe Treiber.

Interne Treiber für Innovationsstrategien in KMU sind:

- ein gewisses Alter und eine gewisse Größe der Unternehmen
- eine entwickelte, gelebte Unternehmenskultur
- kompetentes Management.

Externe Treiber von Innovationsstrategien in KMU sind:

- Vorschriften, Konkurrenz, Druck von außen
- Anreizsysteme, Förderprogramme
- Vertrauensnetzwerke, Promotoren.

Zur Unterstützung der Entwicklung und Umsetzung von Innovationsstrategien in KMU müssen öffentliche Innovationsanreize so gestaltet sein, dass sie unter KMU-typischen Entscheidungsbedingungen adaptiert werden können. Sie müssen insbesondere niedrigschwellig, einfach und unbürokratisch gestaltet werden.

Für die Umsetzung haben sich „Innovationscoaches“ bei öffentlichen Transferdienstleistern bewährt, die als „Grenzgänger“ über fachliche wie kommunikative Kompetenz verfügen, eine vertrauensvolle Zusammenarbeit entwickeln und die spezifischen Stärken von KMU zu schätzen wissen. Zur Schaffung nachhaltiger Strukturen muss das personalisierte Vertrauen von KMU zu solchen Innovationscoaches in-



stitutionalisiert werden - eine vielfach ungelöste Herausforderung. Methodisch besteht die Transferaufgabe darin, das verfügbare Know-how auf die jeweils spezifische Problemlage des einzelnen Unternehmens zu beziehen, es zu operationalisieren und es gemeinsam mit dem Unternehmen zu einem spezifischen Lösungsansatz für das einzelne Unternehmen weiter zu entwickeln. Ein solcher Lösungsansatz muss darüber hinaus in die Strategiefindung und das Tagesgeschäft des jeweiligen Unternehmens implementiert und nachhaltig verankert werden. Dabei ist kaum zu bestreiten, dass für die Entwicklung und Umsetzung von Innovationsstrategien in KMU die Integration von Kundenbedarfen erforderlich ist. Diese Perspektive kann fruchtbar durch eine systematische Stakeholderintegration erweitert werden, um so einen Rahmen für einen partizipativen Führungsansatz jenseits traditionellen Managements zu schaffen. Diese Perspektive stellt entsprechend spezifische methodische Anforderungen an institutionelle und selbständige Transfereinrichtungen und Beratungsunternehmen.

## **7. IT-basierte, gemeinschaftsgestützte Innovationsentwicklung für Softwareunternehmen (Jan Marco Leimeister)**

Ziel des Vortrags ist es, das Forschungsprojekt „Gemeinschaftsgestützte Innovationsentwicklung für Softwareunternehmen“ (GENIE) vorzustellen, das danach strebt, die Innovationskraft von Softwareunternehmen nachhaltig zu verbessern. Durch die Schaffung von Innovationscommunities, deren Mitglieder sich aus Kunden und anderen Wertschöpfungspartnern rekrutieren, sollen Innovationsprozesse von Softwareunternehmen systematisiert und durchgängig in allen Phasen unterstützt werden. Auf einer zentralen Internetplattform und in Offline-Settings werden durch die Community-Mitglieder gemeinschaftlich Innovationsideen generiert sowie in Kollaboration zu konkreten Innovationsprojekten verdichtet, aus denen im Idealfall Prototypen oder Business-Pläne entspringen können. Durch dieses Crowdsourcing werden das Innovationsmanagement von Softwareunternehmen nach außen geöffnet und externe Innovationspotenziale im gesamten Innovationsprozess nutzbar gemacht. Dieser neuartige Open Innovation Ansatz ermöglicht Softwareunternehmen ein community-basiertes Innovationsmanagement, das Modelle, Methoden und Werkzeuge zu Entwicklung und Management der sich entwickelten GENIE-Communities sowie deren Einbindung in die Innovationsprozesse von Softwareunternehmen umfasst.

## **8. Literatur**

1. Ebner, W., Leimeister, J.M. & Krcmar, H. 2009, Community Engineering for Innovations: The Ideas Competition as a method to nurture a Virtual Community for Innovations, R & D Management, 39, 342-356.
2. Keuken, F. & Sassenbach, U. 2009, Förderung von Innovationsstrategien in mittelständischen Unternehmen. In: Gesellschaft für innovative Beschäftigungsförderung GmbH (Hrsg.), G.I.B. INFO 4\_09. Bottrop, S. 36 ff.
3. Kremer, D. & Sievers, K. 2008, Unterstützung der Technologieumsetzung in Hightech-Unternehmen durch Personal- und Organisationsentwicklung. In: B. Dworschak & A. Karapidis (Eds.), Conference Proceedings, PTF Professional Training Facts. Stuttgart: Fraunhofer IZS.
4. Siebecke, D. 2010, Wenn das unternehmerische Selbst erschöpft ist: Psychische Belastungen und individuelle Präventionsstrategien bei IT-Beschäftigten und Freelancern. Teil 2: Darstellung der Ergebnisse der quantitativen Erhebungen im Projekt pragdis. In: H. Keupp & H. Dill (Hrsg.), Erschöpfende Arbeit. Belastungen von diskontinuierlich Beschäftigten der Wissensökonomie in einer gewandelten Arbeitswelt. transcript, i E.



## Zur Bedeutung der Ästhetik in der Analyse und der nachhaltigen Gestaltung betrieblicher Arbeitskontexte

Wolfgang ARENS-FISCHER<sup>1</sup>, Eva RENVERT<sup>2</sup> und Bernd RUPING<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Berufsakademie Emsland und Department für Duale Studiengänge, Fachhochschule Osnabrück, Kaiserstraße 10b, D-49808 Lingen*

<sup>2</sup> *Institut für Theaterpädagogik, Fachhochschule Osnabrück, Baccumer Straße 3, D-49808 Lingen*

**Kurzfassung:** Betriebliche Arbeitswelt ändert sich und der Mensch ist in seiner Erkenntniskraft gefordert diesen Wandel zu gestalten. Die Veränderungsbedürftigkeit und –fähigkeit einer Organisation ist abhängig von der Wahrnehmung durch die Organisationsmitglieder. Ästhetik nimmt hierbei eine Schlüsselstellung ein.

**Schlüsselwörter:** Ästhetik, Theatrale Organisationsforschung, verhaltensbasierte Unternehmensführung, Unternehmenstheater.

### 1. Ästhetik – funktionale Einordnung in die Gestaltung betrieblicher Arbeit

Die Suche nach erfolgversprechenden Konzepten, Methoden und Instrumenten der Gestaltung betrieblicher Arbeitskontexte wird in Zeiten zunehmender Vielfalt menschlicher Kooperationsbeziehungen und damit einhergehenden Druckes nach Flexibilität der Menschen und organisatorischem Wandel intensiv betrieben. Wandelprozesse in Unternehmen erfordern in aller Regel eine Veränderung des Verhaltens der Organisationsmitglieder, die den Wandel vorbereiten und gestalten. Dabei sind die Menschen selbst der Schlüssel zu erfolgreichen Entwicklungsprozessen in Unternehmen indem sie die Arbeitskontexte auf ihre Veränderungsbedürftigkeit und Veränderungsfähigkeit analysieren und darauf aufsetzend Gestaltungskonzepte entwickeln (vgl. Gebert 2004). Zahlreiche Organisationsentwicklungsprojekte erreichen ihre Ziele nicht, da bereits die Wahrnehmung der Veränderungsbedürftigkeit und Veränderungsfähigkeit einseitig oder einschränkend geprägt ist.

Die Ästhetik als Erkenntnisdisziplin, die sich im Unterschied zum begrifflichen Erkennen mit Handlungen sinnlichen Erkennens befasst, stellt den Mensch als erkennendes Subjekt in den Mittelpunkt, in dem sie die menschlichen Sinne zur Wahrnehmung öffnet. An dieser Stelle setzt die theatrale Organisationsforschung an. Die theatrale Organisationsforschung ist ein vom Autorenteam entwickelter Ansatz zur ganzheitlich angelegten verhaltenorientierten Analyse und Gestaltung von Arbeitskontexten, die auf die Methode des Unternehmenstheaters zurückgreift (Arens-Fischer et al. 2009). Gemeinsam mit den von der Veränderungsdynamik betroffenen Personengruppen werden mittels Unternehmenstheater die organisationalen und sozialen Rahmenbedingungen der Arbeit analysiert und Gestaltungsansätze erarbeitet. Dabei hilft die Ästhetik zum einen die Wahrnehmung der Menschen auszurichten, aber zum anderen auch polyvalent zu entfalten, so dass sich Raum für die Gestaltung neuer Arbeitskontexte ergibt.

## 2. Ästhetik als Erkenntnisdisziplin

Der Begriff des Ästhetischen hat seine Wurzel im Griechischen und bezeichnet dort die durch die Sinne vermittelte Wahrnehmung (aisthanomai/αἰσθάνομαι = ich nehme wahr) und ihre Deutung, einschließlich der damit verknüpften emotionalen Bewegungen. So spannt sich die Bedeutung des griechischen aisthesis (αἴσθησις) von Sinn zu Sinnesorgan und damit zu den Sinneswerkzeugen, die das aufgreifen und mit dem Geist vermitteln, was in die Sinne gefallen ist. Selbst Empfindungen, als eine Weise des Gewährwerdens von Welt, können unter diesen Begriff fallen.

Vor diesem wortgeschichtlichen Hintergrund begründete Alexander Gottlieb Baumgarten 1735 in seiner Dissertationsschrift die Ästhetik als eigenständige philosophische Disziplin, in deren Mittelpunkt den Sinnen ein Erkenntnisvermögen zugewiesen wird - als „Schwesternkunst“ zur Logik der Vernunft („analogon rationis“).

Den künstlerischen Zugriffsweisen auf Wirklichkeit kommt damit eine Aufwertung zu: Sie werden zum Mittel, auf sinnliche Weise Erkenntnisse zu generieren. Das, was sich „in Wirklichkeit“ zeigt, was als Phänomen der sensitiven Wahrnehmung zufällt und in künstlerischer Verfremdung oder Verdichtung dem Alltag entrissen und zum Ereignis wird, gerät zum Impuls für eine Welterschließung, die den konventionellen Deutungsmustern misstraut und erst im Abstand zu den funktionalen Koordinatensystemen die Möglichkeit für eine offen-kritische Wahrnehmung und damit für sinnliche Erkenntnis bietet. Als Theorie der Kunst gewinnt Ästhetik hier eine erweiterte Bedeutung, indem sie insistiert auf die Begrenztheit des linear-logischen Denkens und ihm die Polyvalenz des künstlerischen Ereignisses entgegenhält, das (als Text, als Bild, als Szene) der Vernunft des Intentionalen misstraut und auf Responsivität setzt: Was denn für wahr zu halten ist, bildet sich erst im Spannungsraum zwischen ästhetischer Behauptung und ihrer Rezeption, d.h. den Antworten aus dem Dafür- oder Dagegenhalten der Rezipienten, nicht aber in rationaler Diskursivität oder Empirie. „Wesentlich an der Kunst ist, was an ihr nicht der Fall ist, inkommensurabel dem empirischen Maß aller Dinge.“ Dieses Nicht-der-Fall-Seiende zu denken, sei die „Nötigung zur Ästhetik“ (Adorno 1974).

Betrachten wir Organisationen nach Maßgabe des Ästhetischen im weiteren Sinne, d.h. nach dem von ihren Protagonisten in Raum und Zeit Gestalteten und als Gestaltung Wahrnehmbaren, dann ist unschwer erkennbar, dass es sich dabei in aller Regel um intentional gewirkte, zumeist empirisch evaluierte und also von der Sprengkraft des Künstlerisch-Ästhetischen weit entfernte, geschlossene Formen handelt. Darin wird, nach Maßgabe des ökonomischen Kalküls, auf Sicherheit gespielt. Interessanter Weise zeigen kunst-soziologische Untersuchungen, dass diese Formen organisationen-übergreifende Muster generieren. Damit fallen sie dem eigentlichen Ansinnen in den Rücken, etwas Innovativ-Aufregendes, Merkbares, Anderes, In-die-Wahrnehmung-Drängendes auszustellen, das im öffentlichen Gedächtnis hängen bleibt und so im Wettbewerb die beabsichtigte Wirkung tut und Marktvorteile schafft.

Das Wagnis, diese geschlossenen Formen des Gestalteten zu öffnen, wird unter dem Aspekt der Innovativität seit längerem diskutiert (vgl. Gebert et al. 2001). Dabei wird der „geschlossenen“ Struktur eine „offene“ gegenübergestellt, gleichsam als zwei Pole eines Dualismus in unterschiedlichen Dimensionen: der anthropologischen, der soziologischen und der erkenntnistheoretischen. Deren Zweck ist zum einen die Öffnung der organisationalen Wahrnehmbarkeit, d.h. die Erschließung der Veränderungsbedürftigkeit und Veränderungsfähigkeit der Organisation durch ihre Mitglieder; zum anderen soll, damit eng verknüpft, die Befähigung zur Selbst-

Gestaltung im Inneren der Organisation befördert werden (vgl. Boerner 1994; Gebert et al. 2001; Gebert 2004). Inwiefern eine solche „Öffnung“ die Innovativität und damit die Gestaltungskraft einer Organisation wirklich fördert, ist Gegenstand der Forschung. Als geeignet indiziert ist die „Balance“ zwischen offener und geschlossener Struktur. Nicht die hundertprozentige Öffnung im Sinne einer vollständigen Situationskontrolle durch den Einzelnen ist demnach für die Gestaltungskraft einer Organisation erfolgversprechend, sondern die „Vermittlung“ zwischen den Polen der unterschiedenen Dimensionen. Doch wie funktioniert die „Vermittlung“ im Sinne einer Balance? Wie soll die Wahrnehmung der Veränderungsbedürftigkeit und die Veränderungsfähigkeit der Organisation initiiert und im betriebswirtschaftlich fruchtbaren Rahmen gehalten werden? Dieses ist bislang wenig erforscht. Aus kunstsoziologischer Perspektive aber ist eines evident: Die intentional praeformierte Ästhetik des Warenschönen dominiert als Design jede offen-experimentelle Darstellungsweise und damit auch mögliche responsive Formen der ästhetischen (Re)Präsentation: die Marke führt, der Mensch folgt.

Wir schlagen deshalb vor, die Offenheit und Geschlossenheit einer Organisation grundsätzlich dialektisch zu verstehen. In der anthropologischen Dimension ist der Mensch immer sowohl handelndes und Initiative ergreifendes Subjekt wie auch ausführendes Objekt, ja er benötigt sogar beide Ausprägungen zur Definition seines Selbst (Parfy et al. 2003). In der soziologischen Dimension sind die Organisationsmitglieder immer zugleich Mitglieder des Kollektivs des Betriebspersonals als auch Individuen mit eigenen Sinnen und Sinnvorstellungen.

Darüber hinaus schlagen wir vor, Offenheit und Geschlossenheit auch auf einer vierten Dimension zu beschreiben: der Ästhetischen. In ihr sind die drei vorher genannten Dimensionen aufgehoben insofern, als mit der Fokussierung auf die wie gestaltete Wahrnehmbarkeit (= Ästhetik) der Organisation stets der konkrete, sinnlich erfahrbare Abdruck der verschiedenen Kategorien als wirkungsmächtiger in den Blick gerät.

Ob etwa jemand eher Subjekt und also selbstbestimmt oder Objekt und damit zu aller erst Ausführender ist, entfaltet sich unter ästhetischer Prämisse an seiner Theatralität, d.h. an der Art und Weise, wie er seine Rolle verkörpert und gestaltet, welchen Spielraum er dafür beansprucht, welchen Gestus er in verschiedenen Situationen hat und wie dieser Gestus das organisationale Gefüge bedient bzw. herausfordert. Zugleich manifestiert sich an der Performance des Einzelnen die Performativität der Organisation selbst, deren Rollenzuschreibungen und Interaktions-Rituale mit jeder Handlung oder Verhaltensweise bestätigt oder in die Krisen gebracht wird.

Je mehr nun die Gestaltung von Rolle selbst, nach Maßgabe des Ästhetischen, d.h. als Spielraum verschiedener Möglichkeiten, ins Bewusstsein gerät, desto mehr zeigen sich die Risse und Sprünge im organisationalen System selbst, dessen Tendenz zur Beharrlichkeit und Selbsterhaltung nun auf die Möglichkeit oder Notwendigkeit der Veränderung trifft. In der Regel aber sind die Skripte der Mitarbeiter bis hin zu den Sprechakten in konkreten Situationen quer durch die Hierarchieebenen der Organisation vorgeschrieben, und der Stil der Interaktionen ist ebenso festgelegt wie der dresscode. Die Theatralität des Unternehmens resultiert so aus unternehmenspolitisch gewollten performatives auf der einen und den theatralen performances seiner Protagonisten auf der andren Seite, wobei durch letztere die ersteren ritual- und zitatenhaft bestätigt werden (vgl. Wirth 2002) So klingt manche Äußerung eines engagierten Mitarbeiters wie das gründlich exerzierte Aufsagen eines Goethedichts, von dessen Inhalt der Sprecher rein gar nichts verstanden hat. Er weiß aber die Worte wie Hülsen aneinander zu reihen, sein Gestus ist der des Beherrschten, der seine

Kraft allein aus der Anerkennung bezieht, die andre ihm zollen oder verwehren. Und: „Wie man spricht, so wird man.“ (Anders 1996).

In der ästhetischen Dimension zeigt sich diese Haltung in ihrer Beschränktheit und wird so Impuls für die Analyse der Organisation, die nun zugleich als beschränkende in die Wahrnehmung aller gefallen ist. Dieser Impuls ist machtvoll, denn in seinem Mittelpunkt zeigt sich der Mensch als in seinen Möglichkeiten beschnittener. Ein besorgniserregendes Phänomen, und zwar nicht nur unter dem anachronistisch anmutenden Gesichtspunkt einer „Humanisierung der Arbeitswelt“, sondern auch im Blick auf den Wertschöpfungsprozess selbst. Denn darin behauptet sich beständiger Wandel und „cross innovation“ als Credo des Erfolgs, verbunden mit dem kategorischen Anspruch an die handelnden Subjekte, entsprechend kreativ zu sein, selbstständig zu denken und also unter fremder Domäne das Eigene schwungvoll und in Gänze preiszugeben (vgl. Arens-Fischer et al. 2009).

An dieser Stelle möchten wir den Begriff der „Ästhetischen Performanz“ einführen. Er bezeichnet die performative Äußerung einer Person oder einer Gruppe in absichtsvollem Abstand zur praeformierten Performativität der Organisation, die dieser Person oder Gruppe den Handlungsrahmen zur Verfügung stellt. Ästhetische Performanz entspräche dann stets der Herausforderung an die Sicherheit gebende Geschlossenheit der Organisation, diesen mit ihr gesetzten Handlungsrahmen als vorläufigen zu verstehen, d.h. ihn in der Auseinandersetzung mit den konkreten Sachverhalten als Spielraum zu definieren, in dem das Gewohnte zwar nicht fahrlässig über den Haufen geworfen, aber doch vor dem entgegenkommenden Neuen und Fremden – etwa in Kooperationen, aber auch in den anfälligen change-Prozessen der Organisation selbst – absichtsvoll in die Krise gebracht und neu „gemodelt“ werden darf.

„Ästhetische Performanz“ partizipiert damit an dem, was Adorno „ästhetische Identität“ nennt: dem Verknüpfen und Erproben anderer Verhaltensweisen und Selbstverständnisse, anderer Rhythmen und Reime gegen den Strich des Gewohnten, des Verordneten: „Ästhetische Identität soll dem Nicht-Identischen beistehen, das der Identitätszwang in der Realität unterdrückt.“ (Adorno 1974). Was in der Kunst sich „vermöge der Trennung von der empirischen Realität“ entfalten kann, wendet sich in der Realität der Organisation als Anspruch des Ästhetischen nach außen: zu prüfen, ob und inwieweit sich die Machtverhältnisse des status quo transformieren lassen in Hinblick auf das Andere, das in diesen Verhältnissen als Nicht-Identisches keinen Ort hat, das aber als solches in den gezeigten Handlungen und Verhaltensweisen, in den Selbstverständnissen, Wünschen und Ängsten und nicht zuletzt auch in den sinnfälligen Widerstandshaltungen und Verweigerungen der Protagonisten seine Spuren hinterlässt. Denn „etwas fehlt!“ (Brecht 1987).

Hier überschreitet die ästhetische Dimension die erkenntnistheoretische, indem sie auf ein zu veränderndes Handeln verweist und damit – frei nach Bert Brecht (1988) – auf die Notwendigkeit eines eingreifenden Denkens.

Exkurs: Die Theatrale Organisationsforschung (TO) - Die Theatrale Organisationsforschung setzt hier an. Sie ist ein vom Autorenteam entwickelter Ansatz zur Erforschung der Veränderbarkeit des personalen Verhaltens in Organisationen sowie der verhaltensbestimmenden organisationalen Rahmenbedingungen mit den ästhetischen Mitteln des Theaters. Die TO bezieht sich dabei zum einen auf die Konzeptionen und Methoden von Theaterwissenschaft und Theaterpädagogik, zum anderen auf Modelle der Organisationstheorie zur Veränderung des personalen Verhaltens. TO gilt als ein eigenständiger Theorieansatz, der die ästhetische Performanz zum zentralen Gegenstand macht und nicht mit dem Unternehmenstheater im engeren



Sinne zu verwechseln ist. Nichts desto weniger bedient sie sich unter anderem der Mittel und Formen, die auch im Unternehmenstheater Anwendung finden.

Forscherischer Kern der TO ist die erfahrungsbezogene Exploration der Performativität der Unternehmen durch seine Mitarbeiter. Dabei durchlaufen sie theatral-ästhetische Prozesse, in denen sie die Unternehmenswirklichkeit mimetisch nachgestalten und dabei selbst zu Mitforschern werden. Einbezogen werden alle Unternehmensgruppen und -hierarchien, da in der TO die Erhebung der verschiedenen Perspektiven Grundlage der theatralen Forschung ist.

Methodisch setzt die TO auf drei Ebenen an. In der Kategorie „Mitarbeiter als Zuschauer: die Exploration am vorgestellten Körper“ erlebt sich der Mitarbeiter in der Rolle des engagierten Betrachters (spect-actors). Ihm werden Phänomene seiner eigenen beruflichen Realität durch den Filter der Wahrnehmung anderer, nämlich der des Regisseurs oder der Schauspieler, gespiegelt. Die theatrale Form reicht dabei von Einzelszenen bis hin zu einem Theaterstück mit mehreren Akten. In der Kategorie „Mitarbeiter als Regisseur: Exploration am anderen Körper“ wird der Mitarbeiter zum Gestalter seiner eigenen Realität, indem er selbst Regie führt und Schauspieler in seinen eigenen Bildern inszeniert. Die dritte Kategorie beschreibt den „Mitarbeiter als Akteur“ in der „Exploration am eigenen Körper“. Er wird dabei selbst zum Spieler und erkundet seine eigenen Spielräume und Verhaltensdispositionen im Spannungsfeld zwischen Rollenfigur und Rollenträger.

Ziel der Theatralen Organisationsforschung ist es, Unternehmensakteure in der Wahrnehmung und Deutung sowohl der eigenen Performanz als auch der Performativität der Organisation zu schulen. Als deren „Kultur“ erscheinen dann alle Handlungen, Interaktionen und Rituale als die gesellschaftlichen Interpretationen dieser Performativität durch ihre Protagonisten. Darin konkretisieren und bestätigen sich die Wertvorstellungen und Ziele des Unternehmens als gleichsam systemisch garantierte, Sicherheit stiftende Identität. – Exkurs: Theatrale Organisationsforschung beendet. -

Ästhetische Performanz rahmt diese Identität und kündigt damit stets auch von jenem „Etwas, das fehlt“. Sie tut dies in der absichtsvollen Ausstellung und Verfremdung des So-und-nicht-anders-Könnens oder –Wollens ihrer Protagonisten und ist so sinnfälliger, eben: ästhetischer Ausdruck organisationaler Kritik.

Ihr ou-topischer Kern verweist dabei auf die gesellschaftliche Gewordenheit der Performativität selbst, von der jede ästhetische Performanz sich abzugrenzen sucht, um doch gerade in diesem Bemühen ihre Abhängigkeit nur zu bekräftigen.

So liegt ihre Kraft weniger in der im Kern affirmativen Anregung von kulturellem Wandel – nach Maßgabe etwa der gesellschaftlichen Teilhabe der Mitglieder am organisationalen Leben – als vielmehr in der Ermutigung zu eben diesen den kulturellen Bedingungsrahmen sprengenden Imaginationen. Derlei Vorstellungen – im theatral-konkreten wie im übertragenen Sinne – gewinnen ihre materielle Plausibilität in den ästhetisch-performativen Akten selbst und in der darin vorgestellten und damit vorstellbar werdenden anderen Realität: als gesellschaftliche Antithese zur Gesellschaft. Ex negativo gewinnt hier anschauliche Form, was wir vielleicht noch nicht sagen oder gar durchsetzen, aber doch in der Realität der selbst geschaffenen Bilder sehen und bei ihrer Betrachtung spüren können. Auf dem Theater ist dieses Spüren immer zugleich ein soziales Faktum und damit das gesellschaftlich grundierte Voraussetzen einer Wirklichkeit, die im bestehenden keinen Ort findet. Wir können also sagen, dass ästhetisches Wahrnehmen und Gestalten seinen eigentlichen Gegenstand hat in der ou-topische Performativität des Faktischen.

Folgt man diesem Gedanken unter dem Aspekt des Wandels betrieblicher Arbeit,

so behauptet die Ästhetik einen Platz in der auf das Verhalten seiner Organisationsmitglieder fokussierten Unternehmensführung.

### **3. Bedeutung und Funktion der Ästhetik in der verhaltensbasierten Unternehmensführung zur Gestaltung betrieblicher Arbeitskontexte**

Betriebliche Arbeit ändert sich. Der Wandel ist vielfältig und spielt sich auf mehreren Ebenen ab (vgl. Arens-Fischer et al. 2010): Betriebe gehen vielfältige Kooperationen mit anderen Organisationen in unterschiedlichen Graden der Verflechtung und unterschiedlichen Zeithorizonten ein, verbunden mit sich ständig verschiebenden Organisationsgrenzen (vgl. Picot & Reichwald 1994; Picot et al. 1996; Blecker 1999, Sydow und Duschek 2000), die Arbeitszeit und das Personalmanagement (vgl. Sauer et al. 2004) wird dynamisiert und flexibilisiert verbunden mit neuen Tätigkeits- und Organisationsformen. Widersprüchliche und oft sogar offen gegenläufige Auswirkungen des Wandels finden sich daher sowohl auf der Ebene der einzelnen Personen ebenso wie in neuen Organisationsformen, in veränderten Unternehmensstrategien genauso wie in neuartigen Netzwerkstrukturen. Bei aller Unterschiedlichkeit in den Detaildiagnosen für diese Phänomene des Wandels werden verstärkte Subjektivierungsprozesse (Moldaschl & Voß 2002) als zentrale Grundlage genannt. Personen- und körpergebundenes Erfahrungswissen und lebendiges Arbeitsvermögen wird immer mehr zur einzig flexiblen Ressource im Umgang mit Komplexität und Unwägbarkeiten (vgl. Böhle et al. 2004; Pfeiffer 2004).

Für die Bewältigung der Anforderungen aus dem Wandel der betrieblichen Arbeitswelt wird das Verhalten der Organisationsmitglieder Erfolg bestimmend und rückt damit in den Fokus der Unternehmensführung. Wird unter Verhalten der erfahrungsbasierte, personale Ausdruck eines sozialen Prozesses verstanden, der an einen situativen Kontext gebunden ist und das Handeln bestimmt, so entfalten sich – trotz oder gerade wegen der enormen Komplexität menschlichen Verhaltens im Detail – zwei übergeordnete Dimensionen des für die Unternehmensführung relevanten Verhaltens (weil für die Unternehmensführung prinzipiell der Gestaltung zugänglich). Zum einen handelt es sich beim Verhalten um Ergebnisse aus vorherigen Erfahrungen, die die jeweilige Person gesammelt hat – Erfahrungen, die (ob gewollt oder ungewollt) auch immer die ästhetische Erfahrungsdimension umfassen. Unter dem Wandelaspekt stellt sich somit die Frage, wie Menschen zu Verhaltensänderungen bewogen werden können. Zum anderen bestimmt der situative Kontext das Verhalten. Auf der Mikroebene sind das die Prozesse und Strukturen der Organisation mit all ihren Verbindungen zu weiteren Organisationen, und auf der Makroebene sind dieses Rahmenbedingungen des Handelns aus der organisationalen Umwelt. Besonders auf der prinzipiell gestaltbaren Mikroebene zeigt sich die Bewertung der Organisation und ihrer Elemente durch ihre Mitglieder hinsichtlich der Veränderungsbedürftigkeit und der Veränderungsfähigkeit verhaltensbestimmend.

Beide Dimensionen sind von der individuellen Wahrnehmung abhängig und somit der ästhetischen Erfahrung grundsätzlich zugänglich. Wie oben gezeigt, ist diese eher ganzheitlich angelegt in der Form, dass die Integration allen perzeptiven wie imaginativen Materials in einer (harmonischen) Gesamtgestalt wahrgenommen wird (Kulenkampff 1996). Die durch die Gewohnheit abgestumpfte Wahrnehmung wird durch die ästhetische Erfahrung in ihrer Gewohnheit gestärkt oder gestört, dahingehend, dass gewohnte Wahrnehmung verstärkt oder sich neue Perspektiven des Wahrnehmens und damit mittelbar des Erkennens ergeben. So werden beispielswei-



se wie selbstverständlich ästhetische Mittel genutzt, um eine ganzheitlich (um das faktisch wahrgenommene, dazu imaginierte und gefühlte) geprägte ästhetische Erfahrung im Sinne einer Corporate Identity, also eine Identität der Organisation, zu entwickeln. Geschieht dieses nicht naiv anwendend des ästhetischen Instrumentariums, sondern mit Bezug auf die Mannigfaltigkeit der Ästhetik als Erkenntnisdisziplin so zeigt sich die ästhetische Dimension (s. Abbildung 1) selbst in zwei möglichen extremen Ausprägungen als „geschlossene“ und „offene“ Formgebung, die die Identität der Organisation als Handlungs- und Kommunikationssystem prägt, und zwar im ständig zu reflektierenden Spannungsfeld zwischen Sinnvermittlung und Sinnsuche.



**Abbildung 1:** Die Ästhetik in der Interpretation von öffnender und schließender Form

Die ästhetische Erfahrung prägt das Verhalten der Organisationsmitglieder. Was man sieht (und hört) korreliert so auffallend mit unsichtbaren Vorstellungen, dass man nicht zuviel behauptet, wenn man die performative Sehpraxis ein Bilden, Finden und Erfinden von Selbst- und Weltbildern nennt (Schürmann 2008). Bewusst eingesetzte Ästhetik kann den Menschen dazu verhelfen, „etwas-als-etwas-anderes“ in einem neuen Licht zu sehen. Dieses kann auf die Bewertung organisationaler Prozesse und Strukturen hinsichtlich der Veränderungsbedürftigkeit und –fähigkeit genau so zur Anwendung gelangen wie in Bezug auf das Verhalten direkt. Um die Frage zu beantworten, was ist in einer Organisation hinsichtlich des Verhaltens der Organisationsmitglieder an sich oder/und der verhaltensbestimmenden organisationalen Strukturen und Prozessen der Fall, wird dieses durch die Betrachtung der Organisation mit ästhetischen Mitteln indiziert. Als besonders stark erweist sich die Kopplung

ästhetischer mit Mitteln der Organisationsforschung zur theatralen Organisationsforschung.

#### 4. Literatur

1. Adorno, T.W. 1974, *Ästhetische Theorie*. Frankfurt am Main: Suhrkamp.
2. Anders, G. 1996, *Ketzereien*. München: Beck.
3. Arens-Fischer, W., Renvert, E. & Ruping, B. 2009, Der Beitrag des Unternehmenstheaters zur Unternehmensentwicklung: Personales Verhalten in Organisationsstrukturen und -prozessen reflektieren. In: G. Raab & A. Unger (Hrsg.), *Der Mensch im Mittelpunkt des wirtschaftlichen Handelns*, Tagungsband der Gesellschaft für Wirtschaftspsychologie. Lengerich: Pabst, S. 543-559.
4. Arens-Fischer, W., Renvert, E. & Ruping, B. 2010, *Szenische Aktionsforschung*. Veröffentlichung in Vorbereitung.
5. Arens-Fischer, W., Duschek, S., Pfeiffer, S., Renvert, E., Ruping, B. & Valcarcel, S. 2010, *Aktionsforschung – Zeit für eine Neuentdeckung*. Veröffentlichung in Vorbereitung.
6. Blecker, T. 1999, *Unternehmung ohne Grenzen: Konzepte, Strategien und Gestaltungsempfehlungen für das strategische Management*. Wiesbaden: DUV.
7. Boerner, S. 1994, *Die Organisation zwischen offener und geschlossener Gesellschaft. Athen oder Sparta*. Berlin: Duncker & Humblot.
8. Böhle, F., Pfeiffer, S. & Sevsay-Tegethoff, N. (Hrsg.) 2004, *Die Bewältigung des Unplanbaren*. Wiesbaden: Verlag Sozialwissenschaften.
9. Brecht, B. 1987, *Aufstieg und Fall der Stadt Mahagonny*. Frankfurt am Main: Suhrkamp.
10. Brecht, B. 1988ff, *Eingreifendes Denken (1931)*. In: B. Brecht, *Werke*. Berlin: Suhrkamp.
11. Gebert, D., Boerner, S. & Lanwehr, R. 2001, Innovationsförderliche Öffnungsprozesse: Je mehr desto besser?, *Die Betriebswirtschaft*, 61, 204 – 222.
12. Gebert, D. 2004, *Innovation durch Teamarbeit*. Stuttgart: Kohlhammer.
13. Kulenkampff, J. 1996, Ästhetische Erfahrung – oder was von ihr zu halten ist. In: J. Freudiger, A. Glaeser & K. Petrus (Hrsg.), *Der Begriff der Erfahrung in der Philosophie des 20. Jahrhunderts*. München: Beck.
14. Moldaschl, M. & Voß, G.G. 2002, *Die Subjektivierung von Arbeit*. München: Hampp.
15. Parfy, E., Schuch, B. & Lenz, G. 2003, *Verhaltenstherapie – Moderne Ansätze für Theorie und Praxis*. Wien: UTB.
16. Picot, A. & Reichwald, R. 1994, Auflösung der Unternehmung, *Zeitschrift für Betriebswirtschaft*, 64, 547-570.
17. Picot, A., Reichwald, R. & Wigand, R.T. 1996, *Die grenzenlose Unternehmung: Information, Organisation und Management*. Wiesbaden: Gabler.
18. Pfeiffer, S. 2004, *Arbeitsvermögen - Ein Schlüssel zur Analyse (reflexiver) Informatisierung*. Wiesbaden: VS.
19. Sauer, D., Döhl, V., Kratzer, N. & Marrs, K. 2004, Arbeiten ohne (Zeit-)Maß? - Ein neues Verhältnis von Arbeitszeit- und Leistungs politik. In: F. Bsirske, M. Mönig-Raane, G. Sterkel & J. Wiedemuth (Hrsg.), *Es ist Zeit - Das Logbuch für die ver.di-Arbeitszeitinitiative*. Hamburg: VSA, S. 155-177.
20. Schürmann, E. 2008, *Sehen als Praxis – Ethisch-ästhetische Studien zum Verhältnis von Sicht und Einsicht*. Frankfurt am Main: Suhrkamp.
21. Sydow, J. & Duschek, S. 2000, Starke Beziehungen, durchlässige Grenzen: Grenzmanagement in einem Dienstleistungsnetzwerk, *Die Betriebswirtschaft*, 60, 441-458.
22. Wirth, U. 2002, *Performanz. Zwischen Sprachphilosophie und Kulturwissenschaften*. Frankfurt am Main: Suhrkamp.

## **Einfluss der Bildschirmposition auf die Fehlererkennung in einem Montagebauteil**

Barbara ODENTHAL, Marcel Ph. MAYER, Wolfgang KABUSS und  
Christopher M. SCHLICK

*Institut für Arbeitswissenschaft, RWTH Aachen University,  
Bergdriesch 27, D-52062 Aachen*

**Kurzfassung:** In einem Teilprojekt des DFG-geförderten Exzellenzclusters „Integrative Produktionstechnik für Hochlohnländer“ wird u.a. eine benutzerzentrierte, multimodale Mensch-Maschine-Schnittstelle für eine kognitive Steuerungseinheit entwickelt. Als Ausgabemedium werden dabei sowohl ein Head-Mounted-Display als auch ein handelsübliches TFT-Display zum Einsatz kommen. Gegenstand des Beitrages sind die Ergebnisse einer Untersuchung zur Frage, welchen Einfluss die Monitorposition (TFT) auf die Bearbeitungszeiten und Fehlererkennung bei einer einfachen Fehlerdetektionsaufgabe hat.

**Schlüsselwörter:** Fehlerdetektion, Monitor, Monitorpositionierung, Montage.

### **1. Einleitung**

Im DFG-geförderten Exzellenzcluster „Integrative Produktionstechnik für Hochlohnländer“ befasst sich ein Teilprojekt mit der Entwicklung eines kognitiven Planungs- und Steuerungssystems für einen robotergestützten Montageprozess mit der Möglichkeit der direkten Mensch-Roboter-Kooperation. Dieses System ist aufgrund seiner besonderen Symbol- und Signalverarbeitung sowie durch die enge Kooperation mit dem Facharbeiter in der Lage, den Fertigungsablauf unter sich ändernden Randbedingungen und aufgrund von unvollständigen Informationen fein granular zu planen und ggf. zu optimieren. Ein Teil der nicht-wertschöpfenden Arbeit wird so vom Menschen auf die Maschine übertragen. So steigt die Notwendigkeit, den Operateur zu jedem Zeitpunkt insbesondere im Fall von Fehlern schnell und erwartungskonform über den Ist-Zustand des Prozesses und der betroffenen Anlagenelemente in Kenntnis zu setzen. Ein besonderer Augenmerk liegt somit auf der Entwicklung einer benutzerzentrierten ergonomischen Mensch-Maschine-Schnittstelle (MMS) (Schlick et al. 2009; Odenthal et al. 2009).

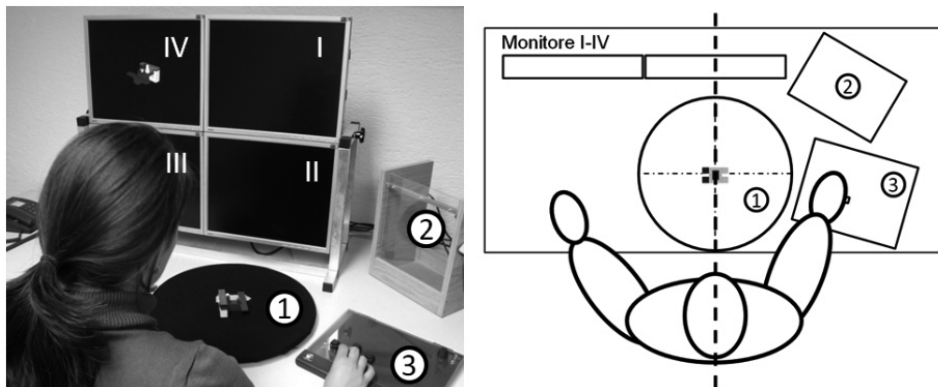
Die multimodale MMS ist so konzipiert, dass zwei unterschiedliche Ausgabegeräte (Head-Mounted-Display (HMD), TFT-Display) zur Verfügung stehen, die je nach Aufgabe getrennt oder gemeinsam zum Einsatz kommen. Im Gegensatz zum Einsatz eines HMDs, bei welchem die notwendige Information direkt im realen Sichtfeld eingeblendet werden können, ohne den Aktionsraum des Benutzers einzuschränken, stellt sich bei der Benutzung eines handelsüblichen TFT-Bildschirms die Frage, welche Position für den Bildschirm gewählt werden sollte und in wie weit diese Positionierung des Bildschirms einen Einfluss auf die Genauigkeit und Bearbeitungszeit der Aufgabenerfüllung hat. Diese Frage wurde bezogen auf eine einfache Fehlerdetektionsaufgabe in einer Laborstudie empirisch untersucht.

## 2. Versuchsaufbau und -ablauf

Die Aufgabe bestand darin, ein reales Lego-Modell (IST-Zustand nach der Montage), welches sich drehbar gelagert vor dem Probanden befand, mit einem virtuellen Lego-Modell (SOLL-Zustand) – dargestellt an einem der vier 17“-Monitore (siehe Abbildung 1) – zu vergleichen, um mögliche Unterschiede zu identifizieren. Dabei wurde offen gelassen, ob ein Fehler vorhanden war oder nicht. Jedes Lego-Modell wies genau einen Positionsfehler eines Steins auf.

In Abbildung 1 ist die Versuchsanordnung dargestellt. Das reale Objekt ist auf einer Platte drehbar gelagert (1). Ein Farbstift zur Markierung des Fehlers befindet sich hinter einer durchsichtigen Klappe (2), sodass durch das Greifen des Stiftes der Zeitpunkt bis zur Identifikation des Fehlers festgehalten werden kann. Auf dem Tableau (3) befinden sich die Tasten zur Manipulation des virtuellen Objektes am Bildschirm. Die Darstellung des Lego-Modells an den Monitoren erfolgte starr mit einer 20°-Neigung um die vertikale Achse. Dabei entsprach der Mittelpunkt des virtuellen Lego-Modells dem Mittelpunkt des jeweiligen Bildschirms.

Während des Versuchs wurden zunächst die Probandendaten aufgenommen. Danach durchlief jeder Proband den folgenden Zyklus achtmal (2 Lego-Modelle pro Bildschirmposition). Zunächst sah der Proband eine Rotationssequenz des Lego-Objektes (3,2 s bei 360°) am Bildschirm. Danach wurde das reale Bauteil sichtbar und der Abgleich zwischen realem und virtuellem Modell begann. Der Proband konnte das virtuelle Modell zu jeder Zeit durch Betätigen eines Tasters einmal um 360° rotieren lassen und durch zwei weitere Tasten auf- bzw. abbauen. Nach Detektion des Fehlers musste dieser mit dem Stift (hinter der durchsichtigen Klappe) markiert werden.



**Abbildung 1:** Darstellung der Versuchsanordnung

## 3. Ergebnisse

Die unabhängige Variable dieses Experimentes ist die Bildschirmpositionierung. Vier Positionen wurden untersucht (siehe Abbildung 1): rechts-oben (I), rechts-unten (II), links-unten (III) und links-oben (IV). Die Experimente wurden bzgl. der Fehlerdetektionszeit und -erkennung ausgewertet. Unter der Fehlerdetektionszeit wird die Zeitspanne von Beginn der Sichtbarkeit des realen Objektes bis zur Fehlerdetektion verstanden. Bezüglich der Fehlererkennung können drei Fälle auftreten: (1) die Versuchsperson erkennt den Unterschied („richtig erkannt“); 2) sie erkennt den Unterschied nicht („nicht erkannt“); 3) sie erkennt einen Unterschied, der keiner ist („falsch

erkannt“).

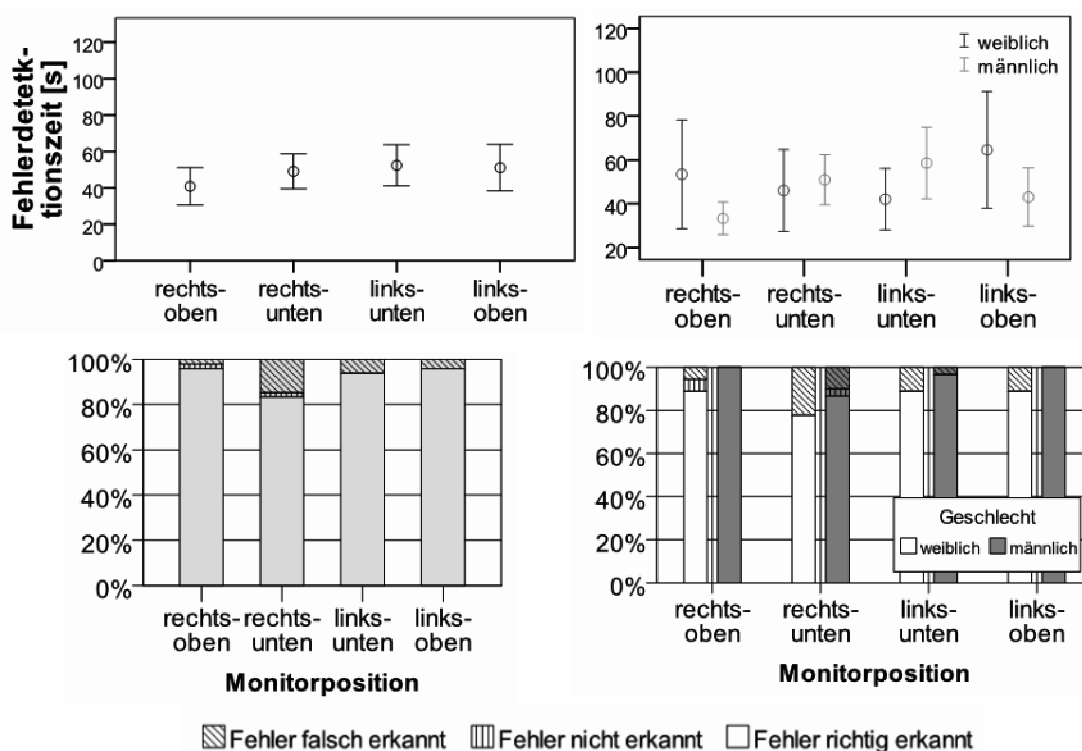
An diesem Versuch nahmen 24 Probanden (davon neun Frauen und 15 Männer) teil. Es wurde neben dem Alter der Probanden ebenfalls das 3D-Vorstellungsvermögen mithilfe des „Würfeltest“ des IST 2000-R (Lipmann et al. 2007) und die Erfahrung in der Lego-Montage auf einer Skala von 0 (keine Erfahrung) bis 5 (viel Erfahrung) erhoben. Die Ergebnisse sind in Tabelle 1 zu finden.

**Tabelle 1:** Probandendaten

	Alter (MW/SD)	3D-Vorstellungsvermögen (MW/SD)	Lego-Erfahrung
Frau	25,0 a / 4,4 a	0,58 / 0,214	2,86
Mann	26,1 a / 2,5 a	0,70 / 0,211	3,29
gesamt	25,7 a / 3,4 a	0,66 / 0,219	3,14

Zur Auswertung der Fehlerdetektionszeit wurde eine Varianzanalyse mit Meßwiederholung mit einem Signifikanzniveau von  $\alpha=0.05$  durchgeführt (siehe Abbildung 2 oben). Diese zeigte keinen signifikanten Einfluss der Monitorposition auf die Fehlerdetektionszeit ( $F(1, 69)=0,192, p=0,902$ ).

Die Auswertung über alle Probanden zeigt, dass die Monitorposition I (rechts-oben) zu den niedrigsten Fehlerdetektionszeiten (MW=40,86s; SD=35,23s) führt. Wird die Gruppe getrennt nach Frauen und Männern betrachtet zeigt sich, dass in der männlichen Probandengruppe ebenfalls die Monitorposition I die geringsten Fehlerdetektionszeiten (MW=33,3s; SD=19,96s) aufweist, wohingegen die niedrigsten Fehlerdetektionszeiten (MW=42,08s; SD=37,62s) in der weiblichen Probandengruppe bei Monitorposition III (links-unten) beobachtet wurden.



**Abbildung 2:** Darstellung der Ergebnisse bezogen auf die Fehlerdetektionszeit und -erkennung.

Zur Analyse der nominalskalierten Daten der Güte der Fehlererkennung (vgl. Abbildung 2 unten) wurde der Chi<sup>2</sup>-Test angewandt ( $\alpha=0,05$ ). Es zeigte sich, dass be-

zogen auf die gesamte Probandengruppe kein signifikanter Unterschied in der Fehlererkennung in Abhängigkeit der Monitorposition zu erkennen war ( $\chi^2=0,464$ ;  $df=3$ ;  $p=0,297>0,05$ ; bezogen auf die richtig erkannten Fehler). Jedoch ist zu erkennen, dass die meisten Fehleinschätzungen („Fehler falsch/nicht erkannt“) bei der Fehler-suche bei Monitorposition II (rechts-unten) aufgetreten sind (insgesamt: 14,6%; Frauen: 22,2%, Männer: 13,3%). Dabei kann ebenfalls festgehalten werden, dass bei Betrachtung der falsch bzw. nicht detektierten Fehler in 86,7% der Fälle Unterschiede detektiert worden sind, die keine waren, d.h. es wurden Steine als falsch positioniert gekennzeichnet, die an der richtigen Stelle waren.

Getrennt nach Geschlecht war ebenfalls kein signifikanter Einfluss der Monitorposition zu erkennen (Frauen:  $\chi^2=0,194$ ;  $df=3$ ;  $p=0,979$ ; Männer:  $\chi^2=0,374$ ;  $df=3$ ;  $p=0,946$  bezogen auf die richtig erkannten Fehler).

Insgesamt kann festgehalten werden, dass es einen Trend zur Monitorposition I (rechts-oben) gibt, da dort bezogen auf die gesamte Probandengruppe die kürzeste Fehlerdetektionszeit und mit die geringsten Fehleinschätzungen vorliegen.

#### 4. Zusammenfassung und Ausblick

Die beschriebene empirische Laborstudie diente dem Zweck der Untersuchung des Einflusses der Positionierung des Bildschirms bei einer einfachen Fehlerdetektionsaufgabe. Dabei wurde ein vor dem Probanden stehendes reales Lego-Bauteil mit einem am Bildschirm dargestellten Bauteil verglichen. Bei der Untersuchung hat sich herausgestellt, dass weder bei der Fehlerdetektionszeit noch bei der Fehlererkennung signifikante Unterschiede bei den vier Monitorpositionen erkennbar waren. Jedoch gibt es Hinweise darauf, dass die Position senkrecht zur Arbeitsfläche oberhalb des realen Objektes bei einfachen Fehlerdetektionsaufgaben zu bevorzugen ist, da in diesem Fall die mittlere Fehlerdetektionszeit am geringsten und die Fehlererkennung mit am besten gewesen sind.

Die Ergebnisse dieser Untersuchung und die bereits durchgeführten vergleichenden Studien von HMD und TFT (siehe Odenthal et al. 2009) fließen in die Erstellung einer prototypischen Mensch-Maschine-Schnittstelle für eine kognitive Steuerung einer robotergestützten Montagezelle ein, um ein schnelles und effizientes Eingreifen des Menschen bei auftretenden Fehlern durch die Zelle zu unterstützen.

#### 5. Literatur

1. Liepmann, D., Beauducel, A., Brocke, B. & Amthauer, R. 2007, IST 2000 R- Intelligenz Struktur Test 2000 R Manual. Göttingen: Hogrefe.
2. Odenthal, B., Mayer, M., Kabuss, W., Kausch, B. & Schlick, C. 2009, Investigation of Error Detection in Assembled Workpieces Using an Augmented Vision System. In: Proceedings of the IEA2009 - 17th World Congress on Ergonomics, Beijing, China 2009, S. 1-9.
3. Schlick, C., Odenthal, B., Mayer, M., Neuhöfer, J., Grandt, M., Kausch, B. & Mütze-Niewöhner, S. 2009, Design and Evaluation of an Augmented Vision System for Self-Optimizing Assembly Cells. In: C.M. Schlick (Hrsg.), Industrial Engineering and Ergonomics - Visions, Concepts, Methods and Tools - Festschrift in Honor of Professor Holger Luczak. Berlin: Springer, S. 539-560.

Die Arbeiten wurden von der Deutschen Forschungsgemeinschaft im Rahmen des Exzellenzclusters „Integrative Produktionstechnik für Hochlohnländer“ gefördert.



## Kollaborative offene Innovationen auf Mitarbeitererebene in Netzwerken kleiner und mittlerer Unternehmen (KMU) – Web 2.0 als Wegbereiter einer modernen Arbeitswelt?

Nadine LINDERMANN, Sylvia VALCÁRCEL und Harald F.O. VON KORTZFLEISCH

*Institut für Management, Universität Koblenz-Landau,  
Universitätsstraße 1, D-56070 Koblenz*

**Kurzfassung:** Die Entstehung kollaborativer offener Innovationen mit Hilfe von Web 2.0 in einem KMU-Netzwerk erfordert ein Vorgehen, das sowohl die Unternehmer als auch die Mitarbeiter schrittweise an die gemeinschaftliche Generierung neuer Ideen heranführt. Die hierfür in Frage kommenden Web 2.0-basierten Anwendungen haben selbst eine Hürde zu nehmen: sie stehen in Konkurrenz zu allen existierenden Anwendungen des Internet. Dieser Beitrag skizziert die Ergebnisse eines Forschungsprojektes und gibt Handlungsempfehlungen für die Überwindung organisatorischer sowie technischer Barrieren der Gestaltung einer Arbeitswelt von morgen.

**Schlüsselwörter:** Web 2.0, KMU, kollaborative offene Innovationen, moderne Arbeitswelt.

### 1. Einleitung

Moderne Arbeitswelten zeichnen sich nicht nur durch Unternehmen aus, die mit Hilfe innovativer Konzepte ein positives Arbeitsumfeld für jeden einzelnen Mitarbeiter schaffen, sondern auch durch die Menschen selbst, die ihr Können und ihre Kreativität mit in die Arbeitswelt einbringen und dort kontinuierlich weiterentwickeln. Gerade für Netzwerke kleiner und mittlerer Unternehmen (KMU) bedeutet dieser Trend eine neue Kultur der Arbeit, in der die Mitarbeiter als gleichberechtigte Partner ihre Kompetenzen in eine unternehmensübergreifende Zusammenarbeit einbringen – und zwar losgelöst von der bestehenden hierarchischen Struktur des eigenen Unternehmens. Durch den Austausch und das Einbringen unterschiedlichster Kompetenzen können gemeinsam innovative Lösungen für Probleme aus dem Berufsalltag der Mitarbeiter generiert werden.

Die Gestaltung dieser Arbeitswelt von morgen wird durch eine geeignete technologische Unterstützung erst ermöglicht. So bedarf das Entstehen gemeinsamer Innovationen in KMU-Netzwerken eines Instruments, das die aktive Teilnahme eines jeden Mitarbeiters im unternehmensübergreifenden Kontext unterstützt. In diesem Zusammenhang erforscht das Forschungsprojekt KMU 2.0 (gefördert vom BMBF) den Einsatz von Web 2.0-Technologien hinsichtlich ihres Unterstützungspotentials bei der kooperativen Generierung innovativer Lösungen des Berufsalltags. Zentrale Fragestellung dabei ist, ob der Einsatz von Web 2.0 in einem Netzwerk von KMU den Austausch innovativer Ideen durch Vernetzung der Mitarbeiter und ihres kreativen Potentials fördert. Praxispartner ist das WirtschaftsForum Neuwied e.V., ein im nördlichen Rheinland-Pfalz angesiedeltes regionales KMU-Netzwerk, das aus ca. 115 Unternehmen mit 10.000 Mitarbeitern besteht. Dieser Beitrag skizziert die Ergebnisse aus zwei Projektphasen und zieht ein Résumé zu Potential und Herausforderungen für die Gestaltung eines Web 2.0-freundlichen Umfeldes, das die Entstehung kollabora-

tiver und offener Innovationen in einem KMU-Netzwerk unterstützt.

## 2. Die Gestaltung einer modernen Arbeitswelt in Netzwerken von KMU

Die Arbeitswelt von morgen ist von Virtualität, Mobilität, Vernetzung und Globalität geprägt (Picot & Neuburger 2008). Dieser Umstand erfordert eine Anpassung von Unternehmen und Mitarbeitern an die Erfordernisse einer zunehmend dynamischen Welt. Die Bildung neuer Formen der Organisation sowie die Innovationsfähigkeit eines Unternehmens gewinnen immer mehr an Bedeutung. In diesem Zuge wird „das was wir „Arbeit“ nennen, nicht nur verändert, sondern allmählich neu definiert“ (Klotz 2008, S.11). Mitarbeiter sind nicht mehr „Ausführungsorgan“ operativer Arbeitsprozesse, sondern vielmehr Wissensträger und Ideengeber, die kreativ in die Arbeitsprozesse als Innovationspromotoren mit einzubeziehen sind.

Innovationen haben für KMU einen hohen Stellenwert. Wie im Rahmen des Forschungsprojektes jedoch festgestellt werden konnte, wird der Begriff der Innovation in jedem Unternehmen gemäß der Geschäftstätigkeit und der eigenen Philosophie individuell ausgelegt. Die Innovationsaktivitäten reichen von Optimierungen bis hin zu einem umfassenden Unternehmenswandel und vollziehen sich entweder innerhalb der eigenen Unternehmensgrenzen oder beziehen externe Akteure wie Kunden oder Experten mit ein. Das Vorhandensein strukturierter Innovationsprozesse sowie das systematische Einbinden des Innovationspotentials der Mitarbeiter bleiben die Ausnahme. Erfolgreiche Beispiele aus der Praxis, wie das der CoreMedia, zeigen, dass es hierzu einer umfassenden Umstrukturierung des Unternehmens in Richtung Selbstorganisation und Partizipation sowie einer Unterstützung durch adäquate Technologien bedarf (Stamer 2008) – ein Vorhaben, das aufgrund beschränkter Ressourcen nicht von jedem KMU geleistet werden kann.

Eine Hinwendung der KMU in Richtung „kollaborativer offener Innovationen“ birgt in diesem Zusammenhang großes Potential in sich. Innovationen entstehen hier in einem kooperativen unternehmensübergreifenden und damit offenen Prozess beteiligter Individuen durch einen selbstorganisierten Wissens- und Ideenaustausch. KMU erhalten in diesem Kontext durch die Teilnahme an einem Netzwerk die Möglichkeit, Innovationsaktivitäten auf eine breite Ressourcenbasis bestehend aus vielen verschiedenen Akteuren zu stellen. Die daraus resultierenden Innovationen müssen sich dabei nicht unbedingt auf wettbewerbskritische Bereiche beziehen, sondern können auch nicht-wettbewerbskritische Aspekte umfassen. Konkret bedeutet dies, dass über den Wissens- und Ideenaustausch von Mitarbeitern unterschiedlicher Unternehmen innovative Lösungen für Problemstellungen des Berufsalltags, wie etwa Gesundheit am Arbeitsplatz oder Ausbildung für alle Beteiligten entstehen können. Den Unternehmen wird dadurch die Tür für die Entwicklung innovativer Konzepte zur Gestaltung eines modernen und attraktiven Arbeitsumfeldes geöffnet. Hierzu bedarf es einer geeigneten technologischen Unterstützung, die im Rahmen des Forschungsprojektes mit Hilfe des Einsatzes von Web 2.0 geleistet wird – denn das Web 2.0 selbst verkörpert den aktiven Wissens- und Ideenaustausch und damit Aspekte der Selbstorganisation und Partizipation. Dem Web 2.0 kommt hierdurch eine entscheidende Rolle in der Unterstützung kooperativer Innovationsprozesse zu.

Die moderne Arbeitswelt erlangt somit eine neue Dimension, in der die Mitarbeiter eines KMU mit Hilfe von Web 2.0 die Chance erhalten, ihre Probleme des Berufsalltags unternehmensübergreifend in Kooperation zu lösen. Dies erfordert ein Vorgehen, das sowohl die Unternehmer als auch die Mitarbeiter an die moderne Arbeits-

welt heranführt – eine große aber nicht unlösbare Aufgabe.

### 3. Herausforderungen an eine Web 2.0-gestützte Arbeitswelt von morgen

Die Gestaltung einer modernen Arbeitswelt in Form kooperativer Innovationsprozesse – und zwar auf Mitarbeiterebene in einem KMU-Netzwerk und mit Hilfe von Web 2.0 – beginnt bei den Eigenschaften von KMU, die (1) oftmals stark von der Person des Eigentümers geprägt sind und (2) tendenziell kurzfristig mit unmittelbarer Gewinnorientierung agieren. Dies wirkt sich sowohl auf die Aktivitäten innerhalb des Netzwerkes aus, die durch die Person des Eigentümers und weniger durch die Einbindung der Mitarbeiter gekennzeichnet sind, als auch auf die Einführung und Nutzung (neuer) Informationstechnologien (dazu ausführlich: Lindermann et al. 2009).

Neben diesen grundsätzlichen Herausforderungen ist die Anpassung an die Erfordernisse der modernen Arbeitswelt schrittweise vorzunehmen und beginnt bei den organisatorischen Anforderungen kooperativer Innovationsprozesse. Grundvoraussetzung hierfür ist eine generelle Bereitschaft zur Teilnahme an den Kooperationsaktivitäten des Netzwerkes. Im Falle eines regionalen KMU-Netzwerkes mit heterogener Struktur wie dem WirtschaftsForum Neuwied e.V. ist diese Bereitschaft an ein Alleinstellungsmerkmal gekoppelt. Angelehnt an die unmittelbare Gewinnorientierung und verbunden mit der Tatsache, dass KMU bereits in anderen Netzwerken vertreten sein können, ist eine Alleinstellung über die Lokalität und die regionale Vernetzung mit dem Ziel der Standortsicherung anzustreben.

Darauf aufbauend sind Voraussetzungen für ein Vorantreiben von Innovationsprozessen im KMU-Netzwerk selbst zu schaffen (Wagner & Ziltener 2008). Hierzu ist zunächst eine gemeinsame Infrastruktur aufzubauen, die die Ressourcen sämtlicher Kooperationsaktivitäten bereitstellt. Neben einer strukturellen Gestaltung des KMU-Netzwerkes ist, wie bereits erläutert, die Etablierung einer Web 2.0-Plattform anzustreben. Größte Herausforderung ist auch hier die Alleinstellung der Plattform – denn sie steht in Konkurrenz zu allen Anwendungen, die im Internet bereits verfügbar sind. Darüber hinaus sind die Mitarbeiter sukzessive in die Plattform zu integrieren, um auf einen Pool von Akteuren unterschiedlichster Kompetenzen zugreifen zu können.

Diese beiden Herausforderungen sind zunächst auf der Ebene der Geschäftsführung zu meistern: Aufgrund ihrer starken Einflussnahme auf die Netzwerkaktivitäten agieren sie als Promotoren für die Nutzung der Plattform. Eine überzeugende Vermarktung kann dabei über das Alleinstellungsmerkmal des KMU-Netzwerkes erfolgen, das auf der Plattform wie folgt zu implementieren ist:

Regionale Vernetzung beginnt bei einem „Gegenseitigen Kennen Lernen“ der Unternehmen, um mögliche Kooperationsfelder gezielt erschließen und Ansprechpartner finden zu können. Ein Web 2.0-basiertes Branchenbuch, umgesetzt in einer Plattform wie „wer-macht-was?“, bietet in diesem Zusammenhang per Suchfunktion einen Zugriff auf Unternehmens- und Mitarbeiterprofile mit Informationen über im Netzwerk vertretene Kompetenzen, Branchen und Leistungen. Damit kann ein weiterer Schritt in Richtung kollaborativer Innovationsprozesse angegangen werden, der „Erfahrungs- und Wissensaustausch“. Hierbei ist die Darstellung von Lösungs- und Kommunikationswegen von enormer Bedeutung. Aufgrund der zahlreichen verfügbaren Informationen und Lösungsvorschläge im Internet ist das Generieren neuer und besserer Inhalte nicht erwünscht. Getreu dem Motto „die Informationen und Lösungen sind schon da, entscheidend ist der schnelle Weg dorthin“ ist ein Mehrwert vielmehr über eine problemorientierte Bereitstellung von Informationen und Lösungen zu

erzielen. Damit verbunden ist eine geeignete Strukturierung der Plattform nach relevanten Themen mit hoher Aktualität für einen breiten Mitgliederkreis.

Erst die systematische Generierung der beschriebenen Nutzenpotentiale schafft die Voraussetzungen für eine Nutzung der Web 2.0-Plattform im Berufsalltag und damit für Web 2.0-basierte kooperative Innovationsprozesse in einem Netzwerk von KMU. Das Forschungsprojekt kann somit das nachfolgende Résumé ziehen.

#### **4. Résumé eines Forschungsprojektes: Handlungsempfehlungen und Ausblick**

Die Fragestellung, ob Web 2.0 als Wegbereiter einer modernen Arbeitswelt im Kontext von KMU-Netzwerken für die Etablierung kooperativer offener Innovationsprozesse fungieren kann, kann uneingeschränkt mit einem „Ja“ beantwortet werden. Web 2.0 stellt ein umfassendes Werkzeug- und Methodenset zur Verfügung, das die grundlegenden Anforderungen der Partizipation und Selbstorganisation erfüllt. Die Frage nach der adäquaten Gestaltung von Web 2.0 ist mit den organisatorischen Rahmenbedingungen und Anforderungen zu verknüpfen, die sich sowohl auf die Eigenschaften eines KMU als auch auf das Alleinstellungsmerkmal eines KMU-Netzwerkes beziehen. Die konkrete Ausgestaltung der Web 2.0-basierten Infrastruktur der Innovationsprozesse ist somit stark benutzerorientiert durchzuführen.

Im Rahmen des Forschungsprojektes hat sich in diesem Zuge die Methode der Aktionsforschung gepaart mit der Methode der Design Science bewährt (Valcárcel et al. 2010). Dieses Vorgehen erlaubt die Erhebung organisatorischer und technischer Anforderungen im konkreten „Feld“ sowie im Weiteren die Evaluation von Nutzen und Nutzung der Plattform nach ihrer Implementierung. Im weiteren Projektverlauf stehen Web 2.0 und die Beurteilung seiner Rolle in einer modernen Arbeitswelt somit stets unter Beobachtung im konkreten „Feld“.

#### **5. Literatur**

1. Klotz, U. 2008, Mit dem „Unternehmen 2.0“ zur „nächsten Gesellschaft“, Computer und Arbeit, 8-9/2008, 7-12.
2. Lindermann, N., Valcárcel, S., Abram, I., Blinn, N., Fäcks, K., Jung, R.H., von Kortzfleisch, H.F.O. & Nüttgens, M. 2009, Netzwerken 2.0 in KMUs - Kleine und mittlere Unternehmen im Zentrum Web 2.0-basierter Kooperation. In: H.F.O. von Kortzfleisch, R.H. Jung, M. Nüttgens & B.U. Scherrer (Hrsg.), Arbeitsberichte aus dem Projekt KMU 2.0, Arbeitsbericht Nr. 1/2009.
3. Valcárcel, S., Lindermann, N. & von Kortzfleisch, H.F.O. 2010, Aktionsforschung als Methode zur Steuerung von Softwareentwicklungsprozessen – Einführung einer Web 2.0-Plattform in einem regionalen Netzwerk kleiner und mittlerer Unternehmen (KMU). In: Tagungsband der 1. Tagung des Förderschwerpunkts „Innovationsstrategien jenseits traditionellen Managements“ des BMBF vom 8-9. Oktober 2009 in Berlin.
4. Picot, A. & Neuburger, R. 2008, Arbeit 2.0, Computer und Arbeit, 8-9/2008, 24-27.
5. Stamer, S. 2008, Enterprise 2.0 – Learning by Doing. In: W. Buhse & S. Stamer (Hrsg.), Die Kunst, loszulassen – Enterprise 2.0. Berlin: Rhombos-Verlag, S. 59-88.
6. Wagner, K. & Ziltener, A. 2008, Open Innovation System: Ein Ansatz zur Steigerung regionaler Innovationsaktivitäten. Discussion Papers on Entrepreneurship and Innovation 1/2008, Swiss Institute for Entrepreneurship, Chur, Switzerland.

## IT-basierte, gemeinschaftsgestützte Innovationsentwicklung für Softwareunternehmen

Jan Marco LEIMEISTER<sup>1</sup>, Ivo BLOHM<sup>2</sup>, Ulrich BRETSCHNEIDER<sup>2</sup>,  
Michael HUBER<sup>2</sup> und Helmut KRCMAR<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Universität Kassel, Fachgebiet Wirtschaftsinformatik,  
Nora-Platiel-Straße 4, D-34127 Kassel*

<sup>2</sup> *Technische Universität München, Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik,  
Boltzmannstraße 3, D-85748 Garching*

**Kurzfassung:** Im internationalen Vergleich liegt die Innovationstätigkeit von deutschen Softwareunternehmen nicht auf Spitzenniveau. Arbeitsforschung kann hier als wichtiger Innovationstreiber fungieren. Im folgenden Beitrag wird als Beispiel hierfür das Forschungsprojekt „Gemeinschaftsgestützte Innovationsentwicklung für Softwareunternehmen“ (GENIE, BMBF-Förderkennzeichen: 01FM07027) vorgestellt, das durch intelligenten IT-Einsatz Open Innovation-Konzepte in die Softwarebranche trägt. Ziel des Projekts ist es, die Innovationsentwicklung von Softwareunternehmen durch Innovationscommunities für Kunden und andere Wertschöpfungspartner nachhaltig zu stärken. Auf der Basis empirisch und konzeptionell gewonnener Erkenntnisse werden in diesem Betrag Konzept und Nutzen der GENIE-Communities veranschaulicht.

**Schlüsselwörter:** Innovationscommunities, Softwareentwicklung, Open Innovation, Ideenwettbewerbe.

### 1. Einleitung

Die Innovationsfähigkeit eines Unternehmens hängt heute maßgeblich davon ab, Kunden und andere Wertschöpfungspartner in das Innovationsmanagement zu integrieren, denn von diesen Anspruchsgruppen geht auf Grund ihrer Produkterfahrung und ihres Produktverständnisses ein großes Innovationspotenzial aus. Kunden sind heute nicht mehr nur noch passive Empfänger und Konsumenten in einer von Herstellern dominierten Wertschöpfung. Sie gestalten vielmehr Produkte und Dienstleistungen aktiv mit und übernehmen dabei sogar teilweise Entwicklung und Herstellung der nachgefragten Produkte (Reichwald & Piller 2006; von Hippel 2005). Eines der diesem Open Innovation Ansatz zugrundeliegenden Prinzipien ist das Nutzbarmachen der sog. „Weisheit der Vielen“. Dieses Prinzip der kollektiven Intelligenz besagt, dass innerhalb einer sozialen Gemeinschaft durch den Beitrag jedes Einzelnen bessere Entscheidungen erzeugt werden können als durch einzelne Experten oder Individuen (Lévy 1997). Open Innovation knüpft genau an diesem Punkt an. Durch die Öffnung des Innovationsprozesses für externe Einflüsse und die Auslagerung von Aufgaben an die Akteure, die besondere Kompetenzen oder Wissen zu ihrer Lösung besitzen, können Unternehmen zahlreiche Vorteile erschließen: kürzere Innovationszyklen, Kostenreduktion im Entwicklungsprozess, Erhöhung der eigenen Innovationskraft, Erschließung neuer Märkte und Umsatzpotentiale sowie die Reduktion von marktlicher und technologischer Unsicherheit im Innovationsprozess (Chesbrough 2007; Gassmann & Enkel 2004; Reichwald & Piller 2006).



## 2. Innovationstätigkeit der deutschen Softwareindustrie

Die Innovationsstärke in Deutschland nimmt für die Bereiche Maschinen und Industriegüter im Weltmarktvergleich eine sehr gute Stellung ein. Als herausragendes Beispiel kann hier die deutsche Automobilindustrie genannt werden, der es durch ein ausgeprägtes Innovationsverhalten gelingt, ihre Position im Weltmarkt zu behaupten (Holl et al. 2006). Dies gilt jedoch nicht für deutsche Softwareunternehmen. Im Bereich der Entwicklung von Softwareprodukten nehmen deutsche Firmen im Weltmarktvergleich nur mittlere Positionen ein (BCG 2006). Deutschen Softwareunternehmen fehlt es oftmals an einer entsprechenden Innovationskultur und einem systematischen Innovationsmanagement. Die Ideenfindung erfolgt meist informell, ohne Nachhaltigkeit und ist quasi dem Zufall überlassen (Holl et al. 2006).

Diese unsystematische Erhebung von Bedürfnisinformationen birgt die Gefahr, dass Softwareprodukte an den Bedürfnissen des Kunden „vorbei innoviert“ werden. Immer wieder werden technisch ausgefeilte, aus unternehmensinterner Sicht attraktive Produkte auf den Markt gebracht, die aber die Erwartungen der Kunden nicht erfüllen. Im Allgemeinen sind die wenig systematischen Innovationstätigkeiten der deutschen Softwareindustrie sehr stark nach innen gerichtet. Obwohl erfolgreiche Ansätze aus dem „Open Source-Bereich“ das große Potential von offenen Innovationsprozessen für die Softwareentwicklung aufzeigen (Lakhani & von Hippel 2003; von Krogh et al. 2003), kommen diese in der deutschen Softwarebranche nur sporadisch zum Einsatz. In der Folge besitzen deutsche Softwareunternehmen oftmals nur eine geringe Innovationskraft (Koch & Möslin 2007). Bestehende Softwareprodukte werden nur weiterentwickelt, große Innovationssprünge sind selten zu beobachten. Viele Softwarefirmen entwickeln ihre im Laufe der Zeit stetig veralternden Produkte weiter, anstatt sich auf die Entwicklung neuer Produkte zu konzentrieren.

## 3. IT-basierte, gemeinschaftsgestützte Innovationsentwicklung als Lösungsansatz - Das Forschungsprojekt GENIE

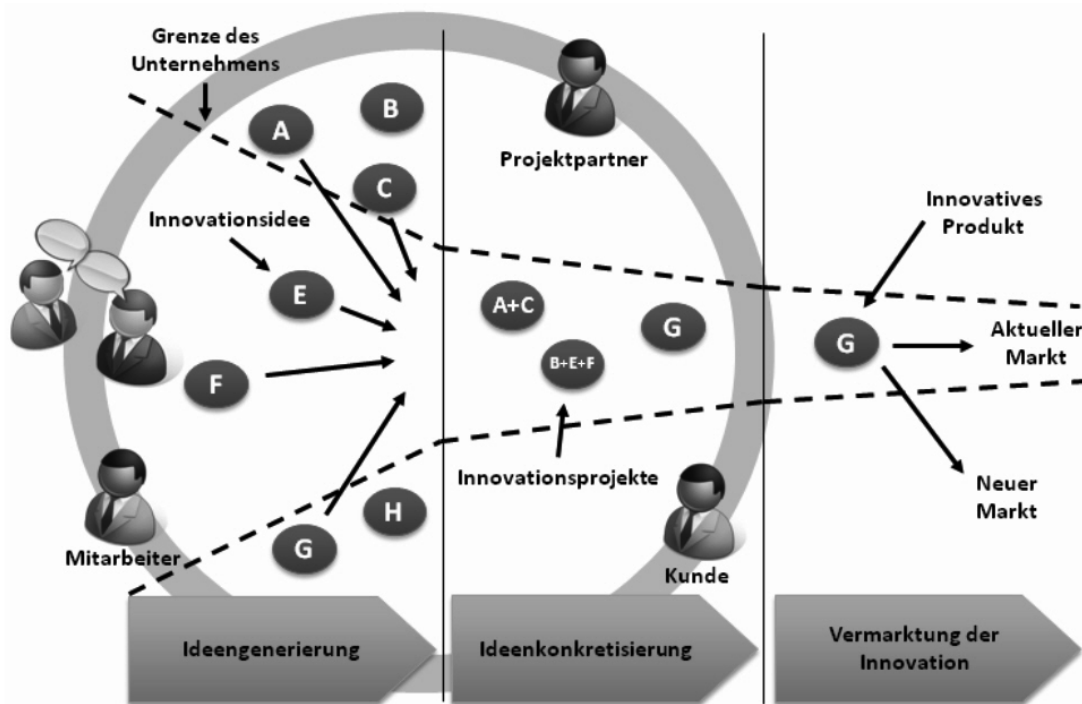
### 3.1 Ziele von GENIE

Grundgedanke des Projektes „Gemeinschaftsgestützte Innovationsentwicklung für Softwareunternehmen“ (GENIE) ist die Schaffung von Innovationscommunities, deren Mitglieder sich aus Kunden und anderen Wertschöpfungspartnern eines Softwareunternehmens zusammensetzen. Ziel dieser Communities soll es sein, gemeinschaftlich auf einer zentralen Internetplattform und in realweltlichen Settings Innovationsideen zu generieren sowie diese zu konkreten Innovationsprojekten zu verdichten, die bei ausreichendem Marktpotential in Prototypen oder Business-Plänen münden können. Auf dieser Basis entstehen innovative Produkte, die dem initiierenden Unternehmen neue Möglichkeiten in neuen oder bereits bestehenden Märkten eröffnen. Das Innovationsmanagement von Softwareunternehmen wird systematisiert, die Innovationsaktivitäten nach außen geöffnet sowie externe Innovationspotenziale im gesamten Innovationsprozess nutzbar gemacht (Bretschneider et al. 2008). Eine solche GENIE-Community ist in Abbildung 1 dargestellt.

Dem GENIE-Konzept liegt ein Ideenevolutionsprozess zu Grunde, der den Reifeprozess einer Idee entlang des Innovationsprozesses beschreibt. In der ersten Teilphase der „Ideengenerierung“ werden von den Community-Mitgliedern Ideen vorgeschlagen. Diese werden dann in der Community durch Kommentierung und Kombination mit den Ideen anderer Community-Mitglieder schrittweise verfeinert. Auf diese Weise entstehen durch die Vernetzungs- und Kollaborationsaktivitäten der Community-Mitglieder aus den



Ursprungsideen sukzessiv konkretere und aussagekräftigere Innovationsideen. In der zweiten Phase der „Ideenimplementierung“ werden die Ideen durch die Community oder das initiiierende Unternehmen bewertet und im Rahmen einer weiteren Bearbeitung mit Lösungsinformationen angereichert, d.h. die Ideen gewinnen in immer stärkerem Ausmaß an Ausarbeitungsgrad sowie an Informationen darüber, wie sie unter Anwendung von Wissen, Technologien und Fertigungstechniken umgesetzt werden können (von Hippel 2005). Durch diese kollaborative Elaboration zwischen implementierendem Unternehmen und der Community werden die Innovationsideen zu konkreten Innovationsprojekten getragen.



**Abbildung 1:** Das Konzept der GENIE-Community (Quelle: Eigene Darstellung)

### 3.2 Forschungsmethodik und Realisierung

Im Rahmen des Forschungsprojektes GENIE sollen derartige Innovationscommunities pilotiert und Methoden, Modelle und Werkzeuge entwickelt werden, die die Community von der Ideenfindung bis zur Ideenimplementierung im Internet und in der realen Welt durchgängig unterstützen. Bei diesem Forschungsansatz wird die zu initiiierende Community stufenweise geplant und entwickelt, wodurch es zu einer steten Realisierung von Verbesserungspotenzialen kommt. Die Methodik der Pilotierung ermöglicht die Entwicklung sozio-technischer Innovationen in ihrem natürlichen Umfeld. Durch diesen methodischen Innovationsprüfstein wird eine hohe externe Validität der Ergebnisse gewährleistet sowie ein effizienter und effektiver Erkenntnistransfer in die Praxis ermöglicht (Schwabe & Krcmar 2000). Im Kontext der Pilotierung kommt es im Rahmen des Community Engineerings (Leimeister & Krcmar 2006) neben der Sozialisierung der Community-Mitglieder auch zu Entwicklung und Implementierung einer geeigneten Internetplattform, die es den Community-Mitgliedern ermöglicht, über das Internet kollaborativ zu agieren.

Als Community-unterstützendes Element fungieren hierbei IT-gestützte Ideenwettbewerbe. Ideenwettbewerbe erlauben es eine bestehende Community zu aktivieren, da für potenzielle Community-Mitglieder zusätzliche Anreize geschaffen werden, sich aktiv an der Generierung neuer Produktideen zu beteiligen (Ebner et al. 2010). Vielversprechend sind darüber hinaus innovative Benutzerschnittstellen der Community-Plattform. Durch

die Entwicklung und Implementierung des IdeaMirror™ - ein Werkzeug, das die Darstellung von Ideen auf großen Wandbildschirmen ermöglicht - kann die gemeinschaftsgestützte Innovationsentwicklung aber auch aus den Internet in die „physische“ Welt getragen werden. So können in geeigneten öffentlichen Räumen, wie z.B. auf Messen, Foyers, etc., die Online in der Community entstandenen Ideen eingesehen und bewertet werden. Dadurch werden die Ideen einer größeren Zielgruppe präsentiert, deren Diskussion und Verfeinerung gefördert sowie die Vernetzungsaktivitäten der Ideengeber vereinfacht (Koch & Möslin 2007).

### 3.3 Nutzen des GENIE-Ansatzes

Durch das Forschungsprojekt GENIE ergibt sich für Softwareunternehmen eine Vielzahl von Nutzenpotenzialen. Es kommt zu einer Systematisierung des Innovationsmanagements von Softwareunternehmen, so dass ein vertieftes Verständnis für die Innovationsentwicklung in der Softwareindustrie entwickelt werden kann und die Communities direkt an die Anforderungen der Softwareentwicklung angepasst werden können. Durch die GENIE-Communities können ungenutzte Innovationspotenziale von Kunden und anderen Wertschöpfungspartnern gehoben werden, was zu einer Verbesserung der Innovationsfähigkeit der initiiierenden Unternehmen führt.

Im Rahmen des Projektes kommt es zu einer induktiven Generierung und Erprobung neuartiger Ansätze, Methoden und Werkzeuge im Sinne des Open-Innovation-Gedanken. Die Endergebnisse werden zu einem unternehmensgrenzen überschreitendem und gemeinschaftsgestütztem Innovationsmanagementmodell zusammengeführt und können so einen wesentlichen Beitrag zur Open Innovation Forschung liefern.

## 4. Literatur

1. Boston Consulting Group 2006, Innovationsstandort Deutschland – Quo vadis?. München: Boston Consulting Group.
2. Bretschneider, U., Huber, J.M., Leimeister, J.M. & Krcmar, H. 2008, Community for Innovations: Developing an Integrated Concept for Open Innovation, Vorgestellt auf der International Federation for Information Processing (IFIP8.6), Madrid, 503-510.
3. Chesbrough, H.W. 2007, Why companies should have open innovation business models, MIT Sloan Management Review, 48, 22-28.
4. Ebner, W., Leimeister, J.M. & Krcmar, H. 2010, Community Engineering for Innovations: The Ideas Competition as a method to nurture a Virtual Community for Innovations, R & D Management, 40.
5. Gassmann, O. & Enkel, E. 2004, Towards a theory of open innovation: Three core process archetypes, Vorgestellt auf der R&D Management Conference (RADMA), Lissabon.
6. Holl, F.L., Menzel, K., Morcinek, P., Mühlberg, J.T., Schäfer, I. & Schüngel, H. 2006, Studie zum Innovationsverhalten deutscher Software-Entwicklungsunternehmen. Berlin: Eigenverlag.
7. Koch, M. & Möslin, K. 2007, Diskontinuierliche Innovation fördern: Die Rolle von Idea Mirrors zur Unterstützung von Innovation und Kooperation im Unternehmen, Vorgestellt auf der Wirtschaftsinformatik 2007, Karlsruhe, 787-804.
8. Lakhani, K.R. & von Hippel, E. 2003, How open source software works: “free” user-to-user assistance, Research Policy, 32, 923–943.
9. Lévy, P. 1997, Collective Intelligence: Mankind's emerging world in cyberspace. New York: Perseus Books.
10. Reichwald, R. & Piller, F. 2006, Interaktive Wertschöpfung. Wiesbaden: Gabler.
11. Schwabe, G. & Krcmar, H. 2000, Piloting a Social-technical Innovation, Vorgestellt auf der 8th European Conference on Information Systems (ECIS), Vienna, 132-139.
12. von Hippel, E. 2005, Democratizing innovation, Cambridge, MA: MIT Press.
13. von Krogh, G., Spaeth, G. & Lakhani, K. R. 2003, Community, joining, and specialization in open source software innovation: a case study, Research Policy, 32, 121.

# Notwendigkeit eines Safety Management Systems SMS in komplexen Organisationen, am Beispiel der DFS

Hans-Jürgen MORSCHECK

*DFS Deutsche Flugsicherung GmbH,  
Am DFS Campus 10, D-63225 Langen*

**Kurzfassung:** Darstellung eines Safety Management Systems am Beispiel der Flugsicherung.

**Schlüsselwörter:** DFS, Safety Management, HERA.

## 1. Einleitung

Die Deutsche Flugsicherung GmbH (DFS) ist für die sichere, geordnete und flüssige Abwicklung des Luftverkehrs zuständig. Hierzu betreibt sie fünf Kontrollzentralen und 17 Kontrolltürme an 17 internationalen Flughäfen. Die DFS hat rund 5100 Mitarbeiter und wickelte in 2008 ca. 3 Mio. Flüge ab.

## 2. Entwicklung des Safety Managements in der DFS

Bereits 1995 hat die DFS im Rahmen der damaligen EUROCONTROL Safety Group aktiv bei der Entwicklung der Anforderungen an ein Safety Management System für ANSP (Air Navigation Service Provider) mitgearbeitet.

Im Juli 1995 wurde die Strategie „Sicherheitsmanagement“ verabschiedet. Parallel zum Konzept des Sicherheitsmanagements entstand das Sicherheitsleitbild. Im September 1997 wurde der Bereich Sicherheitsmanagement VY eingerichtet, der ab 1999 neben dem Safety Management auch für das Thema Security Management die Verantwortung übernahm.

Im Oktober 2004 erfolgte die formale Anerkennung des Safety Management der DFS durch das BMVBS (Erfüllung der EUROCONTROL Safety Regulatory Requirements (ESARR) 3 Anforderungen).

Im November 2006 erhielt die DFS die Single-European-Sky (SES)-Zertifizierung durch das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS). Ein großer Teil der Zertifizierungsanforderungen bezieht sich auf das Safety Management.

## 3. Regulativer Hintergrund

Neben den Verordnungen und Richtlinien der Europäischen Gemeinschaft, die zum großen Teil aus den von EUROCONTROL entwickelten ESARR's abgeleitet wurden, gibt es auch eine Reihe von Anforderungen seitens der International Civil Aviation Organization (ICAO).

Künftig wird die European Aviation Safety Agency (EASA) auch für die Safety Regulierung von Flugplätzen, Flugverkehrsmanagement und Flugsicherungsdiensten in der Europäischen Union zuständig sein.

#### 4. Organisation des Safety Managements

Das Unternehmenssicherheitsmanagement (VY) der DFS ist entsprechend der regulativen Anforderungen der höchsten Management Ebene – der Geschäftsführung – zugeordnet. Die Sicherheitsmanagement-Funktionen in den Geschäftsbereichen (GB), Corporate Development Center (CDC), Corporate Service Centern (CSC) und Niederlassungen unterstehen fachlich dem Unternehmenssicherheitsmanagement VY. Für die so genannte „operative“ Sicherheit tragen die GB'e, CSC und CDC die Verantwortung.

Das Unternehmenssicherheitsmanagement VY ist für die Umsetzung und die Kontrolle der Einhaltung der externen (z.B. SES) Sicherheitsmanagement(SMS)-Vorgaben zuständig. Hierfür erlässt VY interne „Richtlinien“ und „Fachliche Anweisungen“, die dann von den GB'en, CSC und CDC umgesetzt und angewendet werden müssen. Auf Niederlassungs-, Bereichs- und Unternehmensebene erfolgt die Überprüfung (Controlling) der Einhaltung und Umsetzung der SMS-Vorgaben.

Das Unternehmenssicherheitsmanagement, VY gliedert sich in folgende Bereiche: Sicherheitskonzeption, Sicherheitscontrolling, Sicherheitssurveys und Human Factors. Der Bereich Arbeitssicherheit wurde VY ebenfalls zugeordnet.

Die für 2010 geplante Umstrukturierung hat zum Ziel die Aufgaben Sicherheitscontrolling (Analyse) und Human Factors zu verstärken und die strategische Ausrichtung in Hinblick auf den FABEC (Functional Airspace Block Europe Central), den Deutschland zusammen mit den Nachbarstaaten (Belgien, Frankreich, Deutschland, Luxemburg, den Niederlanden und der Schweiz sowie den zivilen und militärischen Flugsicherungsorganisationen einschließlich der von EUROCONTROL betriebenen Kontrollzentrale in Maastricht) gebildet hat, zu unterstützen.

#### 5. Entwicklung der Staffelungsunterschreitungen

Die DFS berichtet regelmäßig (z.B. im Mobilitätsbericht) über ihre „Sicherheitslage“. Dazu zählen die nach ICAO-Kriterien ermittelten Daten zu „Runway Incursions“, bei denen festgehalten wird, wenn ein Flugzeug, ein Fahrzeug oder eine Person sich unzulässig im Bereich einer Start- und Landebahn befindet, auch wenn es dadurch nicht zu einem gefährlichen Vorfall gekommen ist. Dabei ist der weitaus größte Teil der Vorkommnisse völlig unkritisch. Der Anteil, der durch Flugzeugbesatzungen verursacht wurde, ist höher als der Anteil der Flugsicherungs- bzw. der Bodendienste. Die gesammelten Daten sind eine wertvolle Hilfe für die inzwischen an allen Flughäfen etablierten Runway Safety Teams, um die Sicherheit an den Flughäfen weiter zu erhöhen.

Neben den möglicherweise gefährlichen Lfz-Annäherungen, den so genannten „Airprox“, die durch eine Arbeitsgruppe des BMVBS ermittelt und bewertet werden, bewertet die DFS in ihren internen Qualitätsdaten jede Unterschreitung von vorgegebenen Staffelungswerten. Wobei eine Unterschreitung der horizontalen und/oder vertikalen Staffelungswerte, die zwischen zwei Flugzeugen eingehalten werden müssen, noch kein gefährliches Vorkommnis sein muss.

Die DFS teilt die Staffelungsunterschreitungen (STU'en), bei denen die DFS beteiligt war, nach ihrer Signifikanz in drei Kategorien ein: „sehr signifikant“, „signifikant“ und „nicht signifikant“. Die Gesamtzahl der STU'en ist in den letzten Jahren gestiegen. Dies gilt sowohl für die von der DFS als auch für die vom Cockpit verursachten STU'en. Wichtig dabei ist, dass die Anzahl der signifikanten – also kritischen – STU'en

auf einem niedrigen Niveau, trotz Verkehrswachstum, konstant geblieben ist. Die starke Zunahme, insbesondere der „nicht signifikanten“ STU'en, weist auf eine gute und verbesserte Meldekultur hin.

## 6. Human Error Analysis

Wie bereits erwähnt, dienen die Reports vor allem einem Ziel: künftig die gleichen oder ähnliche Fehler zu vermeiden. Also aus Erfahrung lernen. Dabei spielen die so genannten „Human Error“ eine wichtige Rolle. Ihr Anteil bei den ursächlichen Faktoren liegt bei 80 – 90%. Hierbei reicht es jedoch nicht – wie in der Vergangenheit häufig gemacht – nur das menschliche Versagen (Human Error) festzustellen. Um aus Fehlern lernen zu können, ist es wichtig, zu verstehen, was und warum es passiert ist. Jedem Vorfall liegt eine Verkettung von Fehlern zu Grunde. Bisher gab es keine spezifische Taxonomie (Systematik) für die Beschreibung von Human Errors in ATC. Um eine Human Error Analyse (HERA) durchführen zu können, wurde durch EUROCONTROL eine Taxonomie festgelegt. HERA läuft als strukturiertes Interview ab, bei dem die tiefer liegenden Gründe für den Vorfall festgestellt werden können. Dabei sind die HERA-Ergebnisse nur die Basis für weitere Untersuchungen und Verbesserungen.

Die Auswertungen seit 2005 haben u. a. gezeigt, dass der so genannte „Visuelle Kanal“ der Lotsen an seine Grenzen gestoßen ist. D. h. ihm wurden möglicherweise zu viele visuelle Informationen zur Verfügung gestellt. Diese Erkenntnis hat dazu geführt, dass insbesondere das zur Verfügung stellen von Informationen (wann und wie) bei der Entwicklung von Mensch-Maschine-Schnittstellen (Human Machine Interface; HMI) sehr sorgfältig geprüft wird.

Die DFS arbeitet zurzeit – zusammen mit der TU Darmstadt / Institut für Arbeitswissenschaften; IAD - an der Entwicklung eines „Design Process Guide“, der die Entwickler von HMI's unterstützen soll. Dabei werden sowohl die gesetzlichen Bestimmungen, aber vor allem die neuesten Erkenntnisse aus Forschung und Entwicklung berücksichtigt.

## 7. Sicherheitsdokumentation

Jede Veränderung an operativen Systemen wird vor ihrer Einführung auf mögliche Sicherheitsrisiken hin untersucht. Dabei orientiert sich die DFS an den gesetzlichen Vorgaben (EU-Verordnungen).

Das Ziel einer Sicherheitsbewertung ist, jede mögliche Gefahr vor einer Veränderung zu identifizieren und geeignete Maßnahmen zu ergreifen, um diese Risiken auf ein akzeptables Maß zu reduzieren. Die DFS verwendet hierzu eine analytische, quantitative Methode, basierend auf international anerkannten Grundsätzen und Verfahren, die auch in anderen Branchen angewandt werden. Die Erkenntnisse aus dem Bereich „Human Error Analysis“ werden künftig stärker bei der Erstellung der Sicherheitsbewertungen berücksichtigt werden. Ein Schwerpunkt wird dabei die Entwicklung von Mensch/Maschine-Schnittstellen sein.

In 2008 wurden 73 Sicherheitsbewertungen durchgeführt.



## 8. Literatur

1. EUROCONTROL Safety Regulation Commission (SRC) 2004, Safety Oversight in ATM (ESARR 1).
2. EUROCONTROL Safety Regulation Commission (SRC) 2000, Reporting and Assessment of Safety Occurrences in ATM (ESARR 2).
3. EUROCONTROL Safety Regulation Commission (SRC) 2000, Use of Safety Management Systems by ATM Service Providers (ESARR 3).
4. EUROCONTROL Safety Regulation Commission (SRC) 2001, Risk Assessment and Mitigation in ATM (ESARR 4).
5. EUROCONTROL Safety Regulation Commission (SRC) 2002, Safety Regulatory Requirement for ATM Services' Personnel (ESARR 5).
6. EUROCONTROL Safety Regulation Commission (SRC) 2003, Software in ATM systems (ESARR 6).
7. Europäische Kommission 2005, VERORDNUNG (EG) Nr. 2096/2005 DER KOMMISSION vom 20. Dezember 2005 zur Festlegung gemeinsamer Anforderungen bezüglich der Erbringung von Flugsicherungsdiensten.
8. Europäische Kommission 2008, VERORDNUNG (EG) Nr. 482/2008 DER KOMMISSION vom 30. Mai 2008 über die Einrichtung eines Systems zur Gewährleistung der Software-Sicherheit durch Flugsicherungsorganisationen und zur Änderung von Anhang II der Verordnung (EG) Nr. 2096/2005.
9. Europäische Kommission 2007, VERORDNUNG (EG) Nr. 1315/2007 DER KOMMISSION vom 8. November 2007 über die Sicherheitsaufsicht im Bereich des Flugverkehrsmanagements und zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 2096/2005 der Kommission.
10. Europäisches Parlament und Rat 2009, VERORDNUNG (EG) Nr. 1108/2009 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21. Oktober 2009 zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 216/2008 in Bezug auf Flugplätze, Flugverkehrsmanagement und Flugsicherungsdienste sowie zur Aufhebung der Richtlinie 2006/23/EG.
11. Europäisches Parlament und Rat 2006, RICHTLINIE 2006/23/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 5. April 2006 über eine gemeinschaftliche Fluglotsenlizenz.
12. Rat der europäischen Union 1994, RICHTLINIE 94/56/EG DES RATES vom 21. November 1994 über Grundsätze für die Untersuchung von Unfällen und Störungen in der Zivilluftfahrt.
13. ICAO 2009, Doc. 9859 Second Edition, Safety Management Manual (SMM).



# Vom Human Error zur Performance Variabilität

Jörg LEONHARDT

*DFS Deutsche Flugsicherung GmbH, Unternehmenssicherheitsmanagement,  
Am DFS Campus 10, D – 63225 Langen*

**Kurzfassung:** Human Error wird als Konzept den modernen Anforderungen einer komplexen und interaktiven Arbeitswelt nicht mehr gerecht. Die Zuschreibung von Fehlern oder menschlichem Versagen als Ursache für Vorfälle oder Unfälle ist unzureichend und dient nicht der Verbesserung der Sicherheitssituation. Analysen von Vorfällen müssen stärker systemisch ausgerichtet sein und Human Error sollte nicht mehr als Ursache, sondern als Symptom tieferliegender Probleme im System verstanden werden.

**Schlüsselwörter:** Human Error, Performance Variabilität, Vorfalluntersuchung.

## 1. Human Error als vermeintliche Ursache

Die Bezeichnung Human Error hat sich in hochkomplexen und sicherheitsrelevanten Organisationen zu einem zentralen Begriff entwickelt. Unabhängig ob es sich um eine Airline, eine Flugsicherungsorganisation, ein Krankenhaus oder ein Kernkraftwerk handelt, begründet man Unfälle oder Vorfälle immer wieder mit Human Error oder gar menschlichem Versagen. Jeder kennt den Begriff und jeder hat eine (teilweise unterschiedliche) Vorstellung davon, was unter Human Error zu verstehen ist. Man glaubt auch ohne Definition oder Verständigung zu wissen, was gemeint ist.

Professor Dekker, Human Factors (HF) Experte der Universität Lund, nennt dieses Phänomen „Folk Modelling“ (Dekker 2002). Ein Begriff etabliert sich, wird von jedem benutzt und jeder Nutzer geht davon aus, dass er und der andere vom Gleichen reden. Viele „Folk Models“ wurden so über die Jahre entwickelt; z.B. Situational Awareness, „Misjudgement“ oder „Readback Error“. In dieser unzureichenden Sicht, braucht die Analyse in ihrem Ergebnis nicht mehr zu erklären, wie es zum Beispiel zum Verlust der „Situational Awareness“ kam, sondern die Benutzung des Begriffes – das Labeling – reicht vermeintlich aus. Es ist leider oft Erklärung genug um einen komplexen Vorgang zu beschreiben und man erhält ein „ach so“ als Antwort. Ein Label genügt und alle glauben zu wissen, wovon die Rede ist. So wie z.B. bei „Midlife Crisis“ auch.

Komplexe Zusammenhänge und Abläufe werden so reduziert, dass der Kontext außer acht gelassen wird und dadurch das Potential für Veränderungen oder Verbesserungen verloren geht. Eine solch triviale Beschreibung von Ursache und Wirkung basiert auf Modellen der 30er Jahre und wird den Anforderungen von komplexen Organisationen – non trivial systems (Foerster 2002) – nicht gerecht. Es ist wie im richtigen Leben, z.B. der Midlife Crisis auch: das Label erklärt nichts, es zeigt weder Lösung noch Veränderungspotential auf.

In unserer modernen Welt wird z.B. eine große Zahl von Kindern mit ADS oder ADHS (also Aufmerksamkeitsdefizit und Hyperaktivitätssyndrom) diagnostiziert. Das Label sagt aber nichts über die Krankheit aus, noch zeigt es den Eltern Lösungswege – außer der Verordnung von Ritalin, mit unabsehbaren individuellen und sozialen Folgen in der Zukunft. Label verführen dazu, Symptome und nicht Ursachen zu be-

handeln und das ist unzureichend wenn nicht gefährlich.

Im englischen Sprachgebrauch versteht man unter dem Wort Error mehr Irrtum als Fehler, aus dem lateinischen errare = irren. Irren beinhaltet zumindest noch einen guten Willen, eine Absicht etwas gut machen zu wollen. In unserer Sprache bezieht sich das Wort „Fehler“ mehr auf die Unzulänglichkeit etwas richtig zu machen. Man hat etwas falsch gemacht oder man hat versagt - menschliches Versagen eben. Dies führte in der Vergangenheit bei vielen Unfällen zur Identifikation der Kernursache (Root Cause), des Schuldigen und zum Abschluss der Untersuchung. Diese Reduktion auf „menschliches Versagen“ als Ursache verhindert die Komplexität der Zusammenhänge und deren Interaktivität zu verstehen. Der Kontext ist entscheidend für das Entstehen von Vorfällen und das Verstehen der Analysen.

Um zu verstehen, warum es für den Operateur Sinn (Weick 1988) machte die Entscheidungen so zu treffen wie sie getroffen wurden, muss man den Vorfall tiefer analysieren, sich die Mühe machen, die Situation nachzuvollziehen in Bezug auf die zur Verfügung stehende Zeit und Information, die Komplexität und die auf die Situation einwirkenden Umstände (Hollnagel 2004). Wird der Human Error als alleinige Ursache für einen Vorfall verantwortlich gemacht und es dabei belassen, wird die Sicherheitssituation nicht verbessert, da ein solcher Vorfall morgen einem anderen Operateur (Fluglotse, Chirurg, Pilot, etc.) in einer ähnlichen Situation wieder passieren kann.

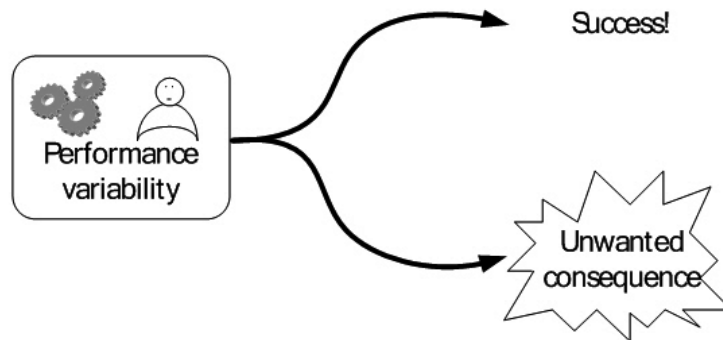
## 2. „Human Error“ als Symptom

### 2.1 Ein Human Error wird erst dann zum Human Error wenn das Ergebnis negativ oder ungewollt ist

Im Fall der Flugsicherung liegt ein ungewolltes Ergebnis dann vor, wenn es sich um einen meldepflichtigen Vorfall handelte. Passiert nichts und wurde die Staffelung – also die vorgegebenen Mindestabstände zwischen zwei Flugzeugen – eingehalten, gibt es keinen Human Error, obwohl die zugrunde liegenden Entscheidungen des Lotsen die gleichen waren. Der Lotse entscheidet sich z.B. ein Flugzeug auf eine Höhe von 24000 Fuß steigen zu lassen oder einen Direktkurs (direct routing) zu geben und so den Verkehr zu steuern. Der Lotse entscheidet sich für ein Tun oder Nicht-tun analog seiner Planung zur Verkehrsführung. Der Human Error wird erst dann überhaupt zum Human Error, wenn die getroffene Entscheidung zu einem negativen oder ungewünschten Ergebnis führt. Vorher gibt es ihn nicht. Nur in Verbindung mit der Konsequenz wird aus einer Entscheidung ein Fehler.

Entscheidungen an sich sind keine Fehler und sie werden in der Regel auch nicht getroffen aufgrund mangelnden Wissens. Maßnahmen, die stark auf das Gedächtnis oder die Erinnerung zielen -zum Beispiel Plakataktionen oder Simulatortrainings für den Lotsen-, sind als allgemeine Kampagne sicherlich nicht schlecht, zu einer Verbesserung der Sicherheitssituation nach einem Vorfall taugen sie allerdings kaum. DFS interne Human Error Analysen zeigen, dass keine Wissensdefizite vorliegen, sondern es spezielle Bedingungen zu einem gegebenen Zeitpunkt sind, die zu Vorfällen führen. Nicht das Verschätzen – z.B. eine zu geringe Steigrate - ist die Ursache des Vorfalls, sondern diese Entscheidung im Zusammenhang mit einem bestimmten Kontext indem sie getroffen wurde. Reicht die Steigrate, hat sich niemand verschätzt, reicht sie nicht, war es „verschätzt“ und damit ein Human Error. Erst die Konsequenz führt zu Erfolg oder Misserfolg. Der Ausgangspunkt ist für beide Resul-

tate der Gleiche.



**Abbildung 1:** Erfolg und Misserfolg haben die gleiche Quelle

Führen die Entscheidungen zum gewünschten Ergebnis, spricht man nicht von Fehlern. Dann sind es richtige Entscheidungen und Erfolgsfaktoren. Der Verkehr wird flüssig gehalten, der Kunde gut bedient. Effizienz und Sicherheit befinden sich in einem ausgewogenen Verhältnis. Ändert sich der Kontext können Entscheidungen, die eben noch Erfolgsfaktoren waren, zu Vorfällen führen, also zu Misserfolg.

## 2.2 Erfolg und Misserfolg haben die gleiche Quelle

Man spricht hierbei von Performance Variabilität (Hollnagel 2004). Der Operateur versucht seine Entscheidungen, seine Performance optimal an die gegebenen Bedingungen anzupassen. Dies führt DFS internen Untersuchungen zur Folge im weit überwiegenden Teil der Fälle (99,99%) zum erwünschten Resultat. Den jährlichen Vorfällen steht ein Mehrfaches an erfolgreicher Performance gegenüber. Der Anteil an Erfolg ist viel höher als der am Misserfolg. Entscheidungen werden immer in Kontexten getroffen und machen aus der Perspektive des Entscheiders in diesem Kontext Sinn. Dies gilt übrigens nicht nur für den Operateur sondern ebenso für die darüberliegenden Führungsebenen. Jeder entscheidet in einem Kontext und trifft die Entscheidung auf Grundlage der ihm zu diesem Zeitpunkt zur Verfügung stehenden Informationen. Man muss den „Human Error“ daher immer im Kontext betrachten und analysieren. Der Human Error ist das Symptom und nicht die Ursache. Ein Symptom für tieferliegende Probleme im System (Dekker 2002). In der Vorfalluntersuchung müssen neben den Symptomen auch die Kontextbedingungen, die manchmal contextual conditions oder auch contributing factors genannt werden, herausgearbeitet werden. Kennt man die „Ursachen“, die zu den Symptomen führen, kann das System so verbessert werden, dass sich die Sicherheitssituation erhöht und „Fehler“ in ihrer Häufigkeit reduziert oder vermieden werden können. „Lessons learned“ zielen somit mehr auf die systemische, organisatorische Ebene als auf individuelle Fehler. Die Variabilität in der Performance ist nötig, um effizient den anfallenden Luftverkehr meistern und um flexibel auf sich verändernde Bedingungen reagieren zu können.

Diesem Verständnis liegen die Erklärungsmuster für Unfälle, die „Accident Models“ zu Grunde (Hollnagel 2004). Auf Basis des Accident Models einer Organisation, also wie man sich das Entstehen von Vorfällen oder Unfällen erklärt, werden Vorfälle untersucht und Maßnahmen abgeleitet. Geht man davon aus, dass der Human Error eine Ursache von Vorfällen darstellt, werden Maßnahmen ergriffen, die den Human Error, oder dessen Wahrscheinlichkeit einschränken sollen. Beispiele sind mehr Automation, zusätzliche Procedures oder restriktivere Vorschriften. Mit diesen

Maßnahmen wird aber gleichzeitig die Variabilität der Performance, oder präziser ausgedrückt, die Anpassungsfähigkeit und Flexibilität professionellen Handelns eingeschränkt. Im Falle der Automation wird oft sogar die Komplexität und Informationsmenge zusätzlich erhöht, was wiederum die Fehlerwahrscheinlichkeit erhöhen kann. Da Variabilität aber benötigt wird, um mit den wechselnden Anforderungen umgehen zu können, würde sich eine Einschränkung der Performance Variabilität auch negativ auf Produktivität und Effizienz auswirken ohne dabei eine nennenswerte Verbesserung der Sicherheit zu erhalten. Auch Air Traffic Control ist ein hochdynamisches Arbeitsfeld und erfordert von den Lotsen eine hohe Anpassungsfähigkeit an sich ständig verändernde Bedingungen.

### 3. Schlussfolgerungen

Eine Weiterentwicklung der Vorfal- und Unfalluntersuchung, basierend auf aktuellen Accident Modellen und neuesten wissenschaftlichen Erkenntnissen, würde zu anderen Maßnahmen führen. Maßnahmen, die zur Verbesserung der Sicherheitssituation beitragen ohne die notwendige Variabilität der Performance einzuschränken. Um dieses Ziel zu erreichen, müssen die genutzten Methoden zur Vorfal- und Unfalluntersuchung weiter entwickelt werden. Hierzu braucht es die enge Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft und Praxis. Es werden Modelle benötigt, die Komplexität, Interaktivität und sich ständig verändernde Bedingungen komplexer Arbeitswelten berücksichtigen. Wir brauchen eine Auseinandersetzung innerhalb der Organisationen - auf allen Ebenen - über die Vorstellungen und Theorien, wie Vorfälle oder Unfälle entstehen. Werden Vorfälle oder Unfälle als eine Kette aufeinanderfolgender Reaktionen verstanden (Domino Model)? Oder epidemiologisch in der Verbindung verschiedener Systemkomponenten wie im „SWISS Cheese Model“? Oder sind sie nicht vielmehr emergent? Emergent bedeutet entstehend aus der Kombination und Gleichzeitigkeit nicht direkt verbundener Systemkomponenten komplexer Systeme. Die Kombination und Gleichzeitigkeit nicht verbundener Systemkomponenten, die zu dem Zusammenstoß zweier Flugzeuge über der Stadt Überlingen führte, ist ein Beispiel hierfür.

Unternehmen müssen sich neu ausrichten, um sich auf die Zukunft vorzubereiten, z.B. in der Luftfahrt mit dem erwarteten Anwachsen des Luftverkehrs bei Beibehaltung des derzeitigen Sicherheitsniveaus. All das erfordert einen Paradigmenwechsel im Denken und im Verständnis hochkomplexer, sicherheitsrelevanter Organisationen. Ein Verbleiben auf Modellen aus den 1930er Jahren (Domino Model) oder noch älteren (root cause, 1905) hilft nicht weiter und wird die Sicherheitssituation verschlechtern. Wenn wir davon ausgehen, dass bei Vorfällen über 80% der Verursachung dem Faktor Mensch zugeschrieben werden, dann gilt das auch bei über 80% des Erfolges – denn es sind die gleichen Menschen. Wir sollten unseren Fokus auf die Stärken des Unternehmens ausrichten, ohne die Schwächen zu vergessen.

### 4. Literatur

1. Dekker, S. 2002, The field guide to Human Error Investigations. Aldershot: Ashgate Publishing.
2. Dekker, S. 2004, The field guide to Understanding Human Error. Aldershot: Ashgate Publishing.
3. Hollnagel, E. 2004, Barriers and Accident Prevention. Aldershot: Ashgate Publishing.
4. Weick, K. 1988, Enacted Sensemaking in Crisis Situations, Journal of Management Studies, 25, 4.
5. Foerster, v. H. & Poerksen, B. 2002, Understanding Systems. Heidelberg: Carl Auer Verlag.

# Der Human Factors Case und seine Anwendung bei Systementwicklungen - erste Erfahrungen bei der DFS

Stefan TENOORT und Alexander HEINTZ

*DFS Deutsche Flugsicherung, Am DFS Campus, 10, 63225 Langen*

**Kurzfassung:** Der Human Factors Case ist ein von Eurocontrol entwickelter Prozess, welcher dazu dient, HF Themen systematisch und kontinuierlich in Air Traffic Management (ATM) Projekten einzubeziehen. Ziel ist es, potentielle Probleme frühzeitig zu erkennen, Lösungsstrategien zu entwickeln und die Durchführung von Aktivitäten zu steuern. Bei der DFS kam der HF Case bisher zweimal zum Einsatz, mit jeweils positiven Ergebnissen. Es sind jedoch noch Anpassungen im Prozess sowie bei den Unterstützungswerkzeugen für die Durchführung und Dokumentation notwendig.

**Schlüsselwörter:** Human Factors Case, Air Traffic Management, Systementwicklung.

## 1. Einleitung

Human Factors (HF) sind bei der Entwicklung, Bewertung und Einführung neuer Systeme im Air Traffic Management (ATM) eine erfolgskritische Größe. Zukünftige Konzepte, Verfahren und Technologien im ATM werden auf die menschlichen Rollen im Gesamtsystem nachhaltigen Einfluss haben, ebenso wie durch zunehmende Automation die Bedeutung von Human Factors weiter ansteigt. Bei der Entwicklung von neuen Systemen oder Systemkomponenten stellt sich jedoch eine Reihe von Herausforderungen. HF Themen sind komplex und es ist oft schwierig, sie sicher und greifbar zu identifizieren. Notwendige Eingriffe zur Berücksichtigung des menschlichen Faktors in der Systementwicklung werden oftmals zu spät vorgenommen. Erforderliche Ressourcen, Zeit und Budget für HF werden oft nicht eingeplant oder müssen begründet und gerechtfertigt werden. Nicht immer kann bei Nutzern und Auftraggebern Akzeptanz für HF erlangt werden, zumal HF nicht einfach „verordnet“, sondern flexibel und bedarfsgerecht integriert werden sollten.

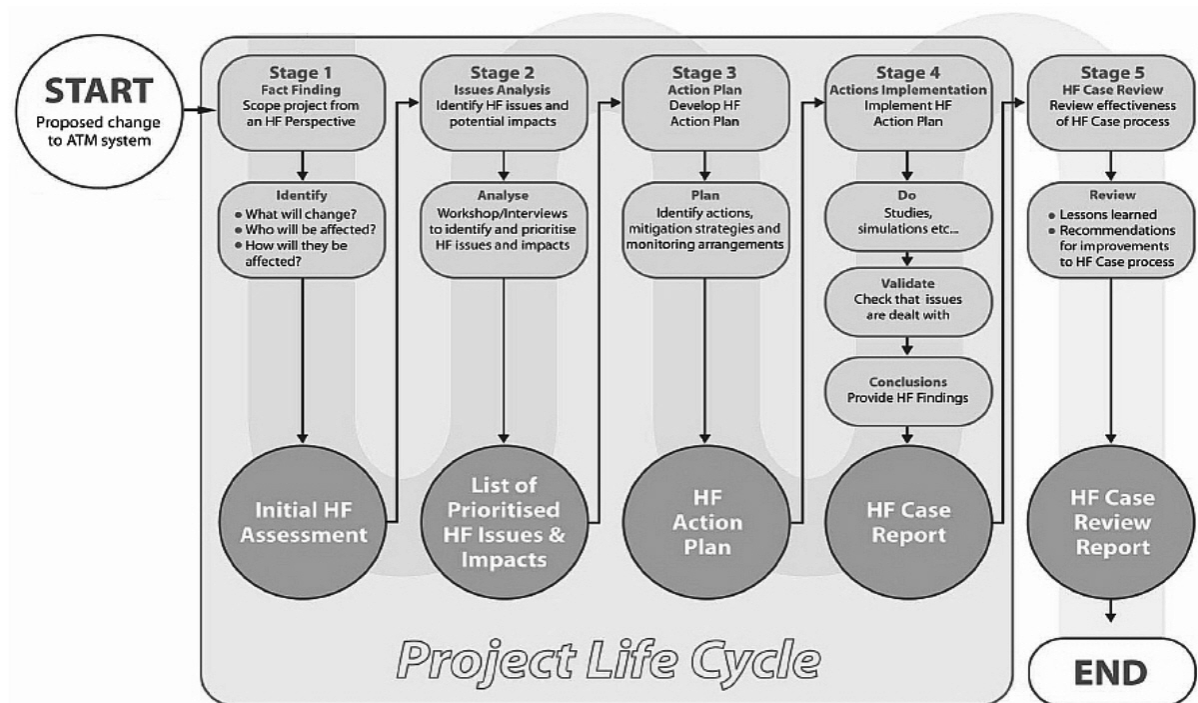
Diesen Herausforderungen zu begegnen und um die notwendige Berücksichtigung von HF Themen in Projekten zu strukturieren, führte zur Entwicklung des Eurocontrol Human Factors Case (Mellet & Nendick, 2007). Dieser soll als praktischer Ansatz verstanden werden, um HF Themen zu analysieren, rechtzeitige Interventionen zu ermöglichen, Projektleiter zu unterstützen und um Argumente für HF zu liefern. Er sieht eine Beteiligung von Experten und Nutzern und soll als anpassbarer Prozess unterschiedlichen oder sich veränderten Projektanforderungen zu begegnen helfen.

## 2. Eurocontrol Human Factors Case

Der Human Factors (HF) Case ist ein bereits 2004 von EUROCONTROL entwickelter Prozess für die Anwendung in europäischen ATM Projekten, der seitdem im Austausch mit verschiedenen Anwendern erprobt und stetig weiterentwickelt wurde. Mit Hilfe des HF Case sollen Projektleiter bei dem Erreichen von operationellen und



wirtschaftlichen Zielen eines Projektes unterstützt werden, indem potentielle HF Probleme systematisch und während des ganzen Projektverlaufs betrachtet werden. Der Fokus liegt hierbei auf den Wechselwirkungen von Projektinhalte und menschlicher Arbeitsleistung sowie deren Optimierung. Der HF Case sieht hierzu fünf Stufen vor, die von HF Experten begleitet werden (siehe Abbildung 1).



**Abbildung 1:** Prozessüberblick des Human Factors Case (Mellett & Nedick 2007)

**Stufe 1 - Fact Finding:** In dieser Stufe machen sich die HF Experten zunächst mit dem Projekt vertraut. Ziel des ersten Schrittes ist eine Abgrenzung des Projekts aus HF Sicht gegenüber einer technischen Sichtweise. Ferner erfolgt eine erste Identifikation von Veränderungen, die zu erwarten sind, welche zukünftigen Nutzer betroffen sind und eine Einschätzung in welcher Art und in welchem Ausmaß diese betroffen sein werden. Das Ergebnis von Stufe 1 ist eine Erstbeurteilung der für das Projekt relevanten Human Factors Themen. Daraufhin wird entschieden, ob entsprechend Bedarf und die Notwendigkeit besteht, weitergehende Analysen durchzuführen oder ob das Projekt nicht von kritischen HF Elementen betroffen ist und der HF Case Prozess an dieser Stelle abgebrochen werden kann.

**Stufe 2 - Issues Analysis:** In der zweiten Stufe werden mit den Projektbeteiligten projektspezifische HF Themen analysiert, Problemstellungen identifiziert und priorisiert. Je nach Anzahl der Teilnehmer kann das in Gesprächsrunden oder in einem Workshop stattfinden.

Um die Identifikation von projektrelevanten HF Themen zu strukturieren und durch eine systematische Betrachtung in einem multidisziplinären Ansatz zu erleichtern, werden sechs Themenfelder vorgeschlagen: Mensch-Maschine-Interaktion, Arbeitsumgebung, Personalplanung und Organisationsentwicklung, Training und Entwicklung, Verfahren und Verantwortlichkeiten sowie Teamarbeit und Kommunikation. Jedes Themenfeld, das in weitere Unterebenen gegliedert ist, sollte im Rahmen einer Systementwicklung oder -veränderung je nach Bedeutung für das aktuelle Projekt entsprechend detailliert betrachtet werden. Dies stellt somit einen Leitfaden bei der



umfassenden Analyse des Projekts und seiner Auswirkungen dar und dient der Identifizierung von potentiellen HF Problemen.

Nach der Sammlung der projektrelevanten HF Themen werden diese weiter analysiert und bewertet. In einer sogenannten „Was-wäre-wenn“ Analyse werden mögliche Auswirkungen auf das System herausgearbeitet, die eintreten würden, wenn ein potentielles HF Problem nicht angegangen wird. Diese Auswirkungen werden nach ihrem Ausmaß gewichtet und erste Ideen für Lösungsstrategien erarbeitet, die die Grundlage für die nächste Stufe des HF Case bilden.

Abschließend wird eine Priorisierung der HF Problemstellungen durchgeführt, da in der Regel aufgrund beschränkter Ressourcen und divergierender Wichtigkeit nicht alle identifizierten HF Themen gleichermaßen bearbeitet werden, sondern Schwerpunkte gebildet werden.

Stufe 3- Action Plan: Der dritte Schritt des HF Case besteht darin, für die relevanten HF Problemstellungen einen Plan zu entwickeln, der die weiteren Aktivitäten sowie Lösungsstrategien innerhalb des Projektes beschreibt. In der Regel werden der Projektleiter und HF Vertreter die Liste identifizierter Problemstellungen durchgehen, mögliche Aktivitäten ableiten und Lösungsstrategien entwickeln, um die negativen Auswirkungen in einem HF Bereich zu minimieren bzw. die HF zu optimieren. Als Ergebnis dieser Stufe wird ein HF Action Plan erstellt, in dem alle durchzuführenden Aktivitäten beschrieben sind, wie und zu welchem Zeitpunkt diese durchgeführt werden sollen sowie Kriterien, anhand derer der Erfolg einer Maßnahme beurteilt werden kann. Im Idealfall wird dieser ein integrierter Bestandteil der übergreifenden Projektplanung.

Stufe 4 - Actions Implementation: In dieser Stufe wird der zuvor entwickelte Plan umgesetzt, die notwendigen Aktivitäten geplant und durchgeführt, der Erfolg der Aktivitäten bewertet und Ergebnisse und Schlussfolgerungen in einem HF Case Bericht beschrieben. Der Erfolg der Aktivitäten wird anhand von Befunden, Erfahrungen, Rückmeldungen der Beteiligten, Empfehlungen usw. bewertet und überprüft. Das Ergebnis dieser Stufe ist der HF Case Bericht, der die Ergebnisse der Aktivitäten aus Schritt drei und sich daraus ergebende Schlussfolgerungen einschließlich empfohlener Folgemaßnahmen beschreibt.

Stufe 5 - HF Case Review: Während Stufe 1 bis 4 direkt an das Projekt gekoppelt sind, besteht Stufe 5 aus einer kritischen Bewertung des Prozesses an sich. Damit soll die Qualität des HF Case gewährleistet, bzw. gegebenenfalls Empfehlungen für Verbesserungen der HF Case Methodik abgeleitet werden. Vorgesehen ist eine Überprüfung durch einen unabhängigen, d.h. bisher nicht im Projekt involvierten HF Experten, der die vorhandene Dokumentation sichtet und bewertet. Ebenso sollte der Projektleiter Rückmeldung dazu geben, inwieweit der HF Case zum Erreichen der Projektziele beigetragen hat. Als Ergebnis wird ein HF Case Review Report erstellt. Idealerweise sollte auch eine Rückmeldung an EUROCONTROL und ein Austausch mit anderen Nutzern des HF Case erfolgen, mit dem Ziel eine kontinuierliche Verbesserung des Prozesses.

### **3. Pilotanwendungen des HF Case in der DFS**

In der DFS Deutschen Flugsicherung GmbH gibt es seit drei Jahren ein bereichsübergreifendes Netzwerk zur Abstimmung und Vernetzung von Human Factors in relevanten Gremien und Projekten sowie zur Förderung eines unternehmensweiten Bewusstseins für Human Factors Management. Wesentliche Ziele sind dabei u. a.

die Etablierung und Anwendung von anerkannten und einheitlichen Standards im Bereich Gestaltung von Arbeitsplätzen und anderen HF Bereichen, sowie die Durchführung von Human Factors Betrachtungen in Projekten. Dementsprechend sollte überprüft werden, ob der Human Factors Case von Eurocontrol ein geeigneter Standard-Prozess für die DFS ist, um HF Themen strukturiert in (System-) Projekten zu berücksichtigen. Die notwendige Expertise sollte ermittelt und eine Abschätzung von Aufwand und Nutzen gegeben werden.

Mittlerweile kam der HF Case bei der DFS in zwei Projekten zur Anwendung. Das Ziel des einen Projekts war die Entwicklung einer Mensch-Maschine-Schnittstelle für Tower-Lotsen zur integrierten Darstellung von Planungsinformationen der An- und Abflüge an einem Hub-Airport (s.a. Bergner 2009). Das andere Projekt untersuchte die Anwendung von zusätzlichen kooperativen und nicht-kooperativen Sensoren an Regionalflughäfen und einer erweiterten Darstellung von Bodenlageinformationen von Flug- und Fahrzeugen.

In beiden Projekten konnten die ersten beiden Stufen des HF Case durchlaufen werden. Darüber hinaus wurden Lösungsstrategien erarbeitet, die in einem Aktivitätenplan einfließen konnten. Eine hohe Zahl an identifizierten relevanten Themen ließ erahnen, dass ohne eine systematische Analyse möglicherweise wichtige Human Factors Aspekte nicht identifiziert worden wären und potentielle Probleme erst später aufgefallen wären. Zum Teil war die Fülle und Wechselwirkung erfolgskritischer HF Themen für die Beteiligten höher als anfangs erwartet.

Eine erste Aufwandsabschätzung für die ersten beiden Stufen ergab, dass dieser je nach Projektumfang nicht unerheblich ist. Insbesondere die Durchführung von Workshops mit einer großen Anzahl von Projektbeteiligten, bindet entsprechend Ressourcen. Dennoch ist zu betonen, dass sich der erhöhte Aufwand zu Beginn eines Systemprojekts später auszahlen wird, denn nachträgliche notwendige Veränderungen, die eine (zu) spät durchgeführte Validierung aufdeckt, sind mit wesentlich höherem Aufwand verbunden. Durch eine frühzeitige Berücksichtigung von HF während der Systementwicklung kann hingegen das Zusammenspiel von Mensch, Technik und Verfahren objektivierbar verbessert werden. Für eine solche proaktive Vorgehensweise, HF Themen strukturiert in einem Projekt zu adressieren, ist der HF Case ein sehr gut geeignetes Mittel. Er sollte dabei flexibel und bedarfsgerecht angewendet werden.

Während der Pilotanwendungen konnte Verbesserungspotential identifiziert werden. So zeigte sich, dass die HF Themenbereiche unterschiedlich stark detailliert sind und gewisse Redundanzen, bzw. Überschneidungen enthalten. Unterstützungstools für Durchführung und Dokumentation wurden erweitert und adaptiert. Abschließend kann die Empfehlung abgegeben werden, den HF Case als Projektstandard im Air Traffic Management weiter zu entwickeln und zu nutzen, um der eingangs erwähnten Bedeutung von Human Factors gerecht zu werden.

#### 4. Literatur

1. Bergner, J. 2009, Entwurf einer integrierten Planungsanzeige für den Tower-Controller, TE im Fokus, 1/09, 29-38.
2. Mellet, U. & Nendick, M. 2007, The Human Factors Case: Guidance for Human Factors Integration, Ed. 2.0. Brussels, EUROCONTROL.
3. Tenoort, S. 2008, TE und die Herausforderung „Human Factors“, TE im Fokus, 1/08, 30-33.
4. Haugg, E., Tenoort, S. & Heintz, A. 2009, Der EUROCONTROL Human Factors Case - Pilotanwendung im Projekt Wettbewerbsfähiger Flughafen (WFF), TE im Fokus, 1/09, 39-45.

# Der DFS Design Process Guide zur Gestaltung von Arbeitsplätzen in der Flugsicherung

Ralph BRUDER<sup>1</sup> und Jörg LEONHARDT<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Institut für Arbeitswissenschaft, Technische Universität Darmstadt,  
Petersenstr. 30, D-64287 Darmstadt*

<sup>2</sup> *DFS Deutsche Flugsicherung GmbH,  
Am DFS-Campus 10, D-63225 Langen*

**Kurzfassung:** Bei der Gestaltung von Arbeitsplätzen in der Flugsicherung gilt es eine Vielzahl von ergonomischen Informationen zu berücksichtigen. Mit der Entwicklung eines DFS Design Process Guide sollen solche ergonomischen Gestaltungsinformationen gesammelt, aufbereitet und dem Anwender in einer leicht nutzbaren Form dargeboten werden. In dem Beitrag wird das Konzept des DFS Design Process Guide erläutert. Dabei wird auch die Bedeutung der Verknüpfung von Gestaltungsinformationen und die Zuordnung von Gestaltungsinformationen zum jeweils geeigneten Zeitpunkt im Gestaltungsprozess vorgestellt.

**Schlüsselwörter:** Flugsicherung, Gestaltungsprozess, Design Guide, Human-Machine-Interface.

## 1. Einleitung

Organisationen, die geprägt sind durch Komplexität und Interaktivität, sogenannte High Reliability Organisations HRO, haben einen hohen Sicherheitsstandard. Trotz einer geringen Anzahl von Unfällen ergeben sich in den HRO's immer wieder Situationen, die die Sicherheit gefährden können. Die Deutsche Flugsicherung GmbH, DFS betreibt ein aufwändiges System zur Untersuchung von sicherheitsrelevanten Vorkommnissen mit dem Ziel aus Vorfällen zu lernen und das Sicherheitsniveau fortwährend zu verbessern. Ein wichtiger Bestandteil der Vorfalleuntersuchung ist die Analyse der „Human Error“. Die DFS nutzt zur standardisierten Analyse der menschlichen Komponente bei Vorfällen die von EUROCONTROL entwickelte Methode HERA – Human Error in ATM. HERA basiert auf einem Modell kognitiver Informationsverarbeitung und wurde speziell auf die Anforderungen der Flugsicherung angepasst. Das Grundverständnis dabei ist, dass Human Errors nicht die Ursachen von Vorfällen erklären, sondern Symptome für tiefer liegende Probleme im System sind (Dekker 2002, 2004). Die HERA Analysen der DFS zeigten über die letzten 5 Jahre einen Zusammenhang zwischen Auffassungsfehlern und der Darstellung visueller Information. Durch eine entsprechende Gestaltung von Arbeitsplätzen für die Flugsicherung beispielsweise hinsichtlich der Informationsdarstellung sollten demnach die Voraussetzungen geschaffen werden, dass die Fehleranzahl miniert und die Beanspruchung der Fluglotsen optimiert wird. Allerdings gelten für die Gestaltung von Arbeitsplätzen in der Flugsicherung eine Vielzahl von Rahmenbedingungen u.a. aufgrund von Sicherheitsbestimmungen, einer hoch komplexen technischen Ausstattung, aber auch aufgrund unterschiedlicher räumlicher Gegebenheiten der jeweiligen Arbeitssituation. Zudem vollzieht sich die Gestaltung von Arbeitsplätzen in der Flugsicherung teilweise in einem mehrjährigen Prozess, bei dem frühzeitig Entscheidun-

gen getroffen werden, die sich unter Umständen erst zu einem späteren Zeitpunkt auswirken können. Dies gilt beispielsweise für die in einer frühen Gestaltungsphase definierte Beleuchtungsbedingung, die sich auf die Lesbarkeit für unterschiedliche Monitorarten negativ auswirken kann. Zur Unterstützung des Gestaltungsprozesses für Arbeitsplätze in der Flugsicherung wurde vom Institut für Arbeitswissenschaft der TU Darmstadt in Zusammenarbeit mit der DFS ein Design Guide konzipiert, in dem die in bestimmten Gestaltungsphasen benötigte Information nutzungsgerecht aufbereitet und dargestellt werden kann.

## **2. Informationssammlung**

In einer ersten Projektphase zur Entwicklung des Design Guide wurden Informationen zusammengestellt, die es bei der Gestaltung von Arbeitsplätzen in der Flugsicherung zu beachten gilt. Solche Informationen stammen aus der Literatur (Lehrbücher, wissenschaftliche Veröffentlichungen, technische Dokumentationen z.B. FAA 2009, Benutzerberichte etc.) sowie aus Normen und allgemein akzeptierten Regeln der Technik (z.B. ISO-Serie 9241; ISO 13406). Zudem müssen interne Unterlagen (z.B. Regelwerke, Handlungsanweisungen, Checklisten) beachtet werden. Darüberhinaus liegen bei einem Unternehmen wie der DFS umfangreiche Erfahrungen aus früheren Gestaltungsprojekten vor, die in den Design Guide integriert werden sollen. Ergänzend zu der Sammlung vorhandener Informationen zur Gestaltung von Arbeitsplätzen in der Flugsicherung wurden vorhandene Lotsenarbeitsplätze begutachtet. Aus der Begutachtung der vorhandenen Arbeitssysteme ergaben sich folgende typische Gestaltungsprobleme:

- Arbeitsmittel sind teilweise ungünstig platziert (über Kopf, außerhalb Reichweite / Sehbereich, Verdeckung),
- Informationen werden uneinheitlich dargeboten, relevante Informationen sind nicht ausreichend hervorgehoben,
- Informationsdarbietung an ungeeigneter Stelle, zu kompliziert, verdeckt von anderen Arbeitsmitteln, häufig genutzte Informationen finden keinen Platz,
- Teilweise sind Schaltflächen zu klein ausgeführt, die Bedienung mit der Maus benötigt zu viel Aufmerksamkeit,
- Umgebungsbedingungen ungünstig, Spiegelung auf Bildschirmen, Blendung, Lärm.

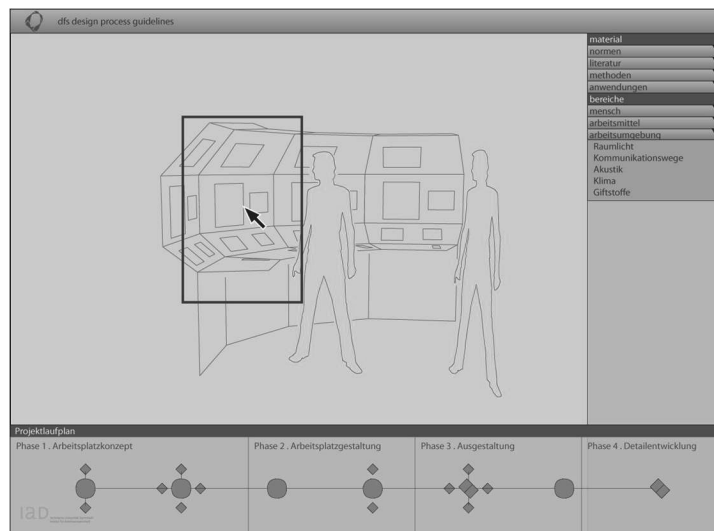
Für den zu entwickelten DFS Design Guide galt es, die Vielzahl von heterogenen Informationsquellen so zu integrieren und zu verknüpfen, dass bei der zukünftigen Gestaltung von Arbeitsplätzen in der Flugsicherung die genannten Gestaltungsprobleme vermieden werden können.

## **3. Das Konzept des DFS Design Guide**

Für die Konzeptentwicklung des DFS Design Guide waren zwei Anforderungen von zentraler Bedeutung. Die gespeicherten Informationen sollten beliebig erweiterbar sein, aus unterschiedlichen Quellen kommen können und dabei insbesondere auch Erfahrungswissen enthalten können. Weiterhin sollte die Benutzung des DFS Design Guide auch ohne Vorerfahrung leicht möglich sein und die Suche nach relevanter Information auf unterschiedliche Arten erfolgen können.

Aufgrund der Bedeutung der einfachen Benutzbarkeit wurde ein spezielles Inter-

face für den DFS Design Guide entwickelt, für das ein Entwurf in Abbildung 1 dargestellt ist.



**Abbildung 1:** Entwurf für eine Auswahlmaske des DFS Design Guide

Im zentralen Teil der Bildschirmmaske erhält der Benutzer des DFS Design Guide die Möglichkeit, den Bereich eines Arbeitsplatzes in der Flugsicherung zu kennzeichnen, für den Gestaltungsinformationen gewünscht werden. Zudem ist eine Informationssuche auch mithilfe einer textlichen Navigation möglich (am rechten Bildschirmrand erkennbar). Schließlich bietet der DFS Design Guide auch eine Suche nach benötigten Informationen mittels Schlagworten.

Bei der Ergebnisdarstellung sind folgende Varianten vorgesehen:

- Angabe von Gestaltungsregeln,
- Zitate aus zu beachtenden Normen,
- Darstellung von Fallbeispielen aus einem ähnlichen Gestaltungskontext,
- Ergonomische Bewertung von technischen Hilfsmitteln, die bei einem Arbeitsplatz zum Einsatz kommen könnten,
- Erläuterung von jeweils passenden ergonomischen Grundregeln (z.B. hinsichtlich von Körperhaltungen oder Wahrnehmungsprozessen).

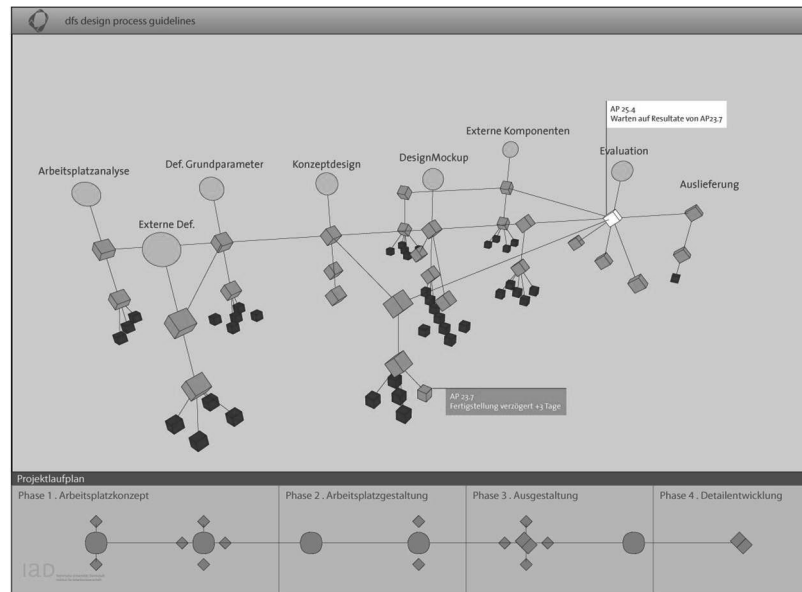
Die dargestellten Ergebnisse enthalten zudem einen Hinweis darauf, ob es sich um zwingende Vorgaben handelt („Muss“-Forderungen), um Empfehlungen („Sollte“-Empfehlungen), oder um Gestaltungshinweise („Kann“-Hinweise).

#### 4. Vom Design Guide zum Design Process Guide

Wie in der Einleitung erwähnt, ist es für das Erreichen einer hohen ergonomischen Güte bei der Gestaltung von Arbeitsplätzen in der Flugsicherung nicht nur wichtig, die richtige Information für ein Gestaltungsproblem zur Verfügung zu haben, sondern diese Information muss auch zum richtigen Zeitpunkt im Gestaltungsprozess zur Verfügung stehen. Zudem ist es für den Entwickler von Arbeitsplätzen in der Flugsicherung von Bedeutung, die Verknüpfung zwischen einzelnen Gestaltungsfeldern zu erkennen. Auf die Bedeutung des zeitlichen Ablaufs des Gestaltungsprozesses und der Verknüpfung von Gestaltungsfeldern wurde durch eine vernetzte Informationsdarstellung reagiert. Auf diese Weise wird aus dem DFS Design Guide ein DFS Design Pro-



cess Guide, der die Entwickler von Arbeitsplätzen in der Flugsicherung während des kompletten Entwicklungsprozesses unterstützt. In Abbildung 2 ist ein Entwurf für ein mögliches Interface eines DFS Design Process Guide dargestellt. Der zeitliche Verlauf des Design Process Guide ist durch die horizontale Linie erkennbar.



**Abbildung 2:** Darstellung der Verknüpfungen im Gestaltungsprozess im DFS Design Process Guide

In der jeweiligen Gestaltungsphase sind unterschiedliche Gestaltungsaufgaben zu erfüllen, die durch die Würfel im Diagramm gekennzeichnet werden. In der Darstellung ist ebenfalls zu erkennen, wo Querbeziehungen zwischen Gestaltungsaufgaben bestehen. Dies ist ein Hinweis darauf, welche Auswirkungen die Festlegung auf eine Gestaltungsalternative an einer frühen Stelle im Gestaltungsprozess auf eine später folgende Gestaltungsentscheidung haben kann. Der DFS Design Process Guide wird in einem benutzerorientierten Gestaltungsprozess nach DIN EN ISO 13407 durchgeführt. Zur Einbindung der späteren Nutzer wurden mehrere halb-tägige Workshops durchgeführt, bei denen zunächst die Anforderungen an den Design Process Guide definiert und zu späteren Zeitpunkten die entwickelten Konzepte besprochen wurden.

## 5. Literatur

1. Dekker, S. 2002, The field guide to Human Error Investigations. Aldershot: Ashgate Publishing.
2. Dekker, S. 2004, The field guide to Understanding Human Error. Aldershot: Ashgate Publishing.
3. DIN EN ISO 9241, Ergonomie der Mensch-System-Interaktion. Berlin: Beuth.
4. DIN EN ISO 13407, Benutzer-orientierte Gestaltung interaktiver Systeme. Berlin: Beuth.
5. FAA 2003, The Human Factors Design Standard, Report No: DOT/FAA/CT-03/05 HF-STD-001. Washington: Federal Aviation Administration.
6. SN EN ISO 13406 Ergonomische Anforderungen an optische Anzeigeeinheiten in Flachbauweise. Berlin: Beuth.



## Fluglotsen-Arbeitsplätze der Zukunft

Christina KÖNIG<sup>1</sup>, Andreas RÖBIG<sup>2</sup>, Thomas HOFMANN<sup>1</sup>,  
Jörg BERGNER<sup>2</sup> und Ralph BRUDER<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Institut für Arbeitswissenschaft, Technische Universität Darmstadt,  
Petersenstr. 30, D-64287 Darmstadt*

<sup>2</sup> *DFS Deutsche Flugsicherung GmbH,  
Am DFS-Campus 10, D-63225 Langen*

**Kurzfassung:** Der Beitrag thematisiert die zunehmenden Veränderungen an Fluglotsen-Arbeitsplätzen und die Interaktion zwischen technischen Neuerungen, Anforderungen an Technik und den Nutzer sowie Arbeitsprozessen. Er beschreibt Ausgangssituation und Vorgehen in einem Projekt zur Gestaltung zukünftiger Fluglotsen-Arbeitsplätze. Ist-Analyse, Anforderungskatalog und Recherchen werden als Basis für weitere Arbeitsschritte kurz vorgestellt.

**Schlüsselwörter:** Flugsicherung, Anforderungsanalyse, Interaktion, Human-Machine-Interface.

### 1. Einleitung

Der Arbeitsplatz von Tower-Fluglotsen gehört zu den Arbeitsplätzen, die sich in den nächsten Jahren aufgrund zunehmender Arbeitsbelastung und der Implementierung neuer Technologien massiv verändern werden. Durch die immer intensivere Ausnutzung der vorhandenen Infrastruktur und die kontinuierliche Erweiterung von Systemen und Verfahren zur Verkehrsabwicklung nehmen die Informationsmengen zu und die Arbeitsweisen verändern sich entsprechend. Durch die Anpassung der Betriebsverfahren entstehen neue Anforderungen an bestehende Systeme oder gar die Notwendigkeit, neue Arbeitssysteme zu entwickeln.

Um die Entwicklung solcher neuer Arbeitssysteme aus arbeitswissenschaftlicher Sicht mit zu gestalten, müssen künftige Anforderungen und Bedingungen schon heute abgeschätzt werden. Dies ist ein Ziel des Projekts iPort im Rahmen des 4. Luftfahrtforschungsprogramms des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie. Das Institut für Arbeitswissenschaft entwickelt und evaluiert im Unterauftrag der DFS Deutsche Flugsicherung GmbH innovative Konzepte für Fluglotsenarbeitsplätze im Tower. Der vorliegende Beitrag stellt Vorgehen und erste Ergebnisse des Projekts vor und geht dabei insbesondere auf Ist-Analyse, Anforderungen und Recherche ein.

### 2. Arbeitsplatz Tower-Fluglotse

Tower-Fluglotsen haben die Aufgabe, An- und Abflüge an einem Flughafen zu koordinieren, indem sie die Verkehrsströme planen und den Piloten die notwendigen Freigaben erteilen (Bachmann 2005). Um sich einen Überblick über die aktuelle und zukünftige Verkehrssituation bzw. ein Situationsbild („Picture“) zu verschaffen, nutzen sie unterschiedliche Informationsquellen, wie beispielsweise Luftlage- und Bodenlageradar, aber auch An- und Abflug-Koordinationsysteme und den Blick aus dem Fenster (König et al. 2008). Dabei treffen sie kontinuierlich Entscheidungen unter hohem Zeitdruck, was zu einer hohen psychischen Beanspruchung führt (vgl.

Zimmermann 2001). Die Entwicklung und Gestaltung dieser Arbeitsplätze bietet besondere Herausforderungen, da in dem hoch sicherheitsrelevanten Umfeld selbst geringfügige Störungen unerwünscht sind (Wickens et al. 1997). Die Anpassung des Arbeitsplatzes an den Bedarf der Lotsen ist daher auch in Zukunft ein relevantes Thema der Arbeitswissenschaft.

Die Schwierigkeit des Projektvorhabens iPort liegt darin, dass die zukünftige Entwicklung und die damit verbundenen Anforderungen an die Arbeitsplatz- und Systemgestaltung aufgrund heutiger Arbeitssysteme vorhergesagt werden müssen. Anforderungen, Prozesse und Technik sind dabei voneinander stark abhängig: Neue Technik bzw. neue Organisationsstrukturen und Prozesse führen zu neuen oder veränderten Anforderungen (Wickens et al. 1997). Andererseits können auch neue Anforderungen Prozesse verändern oder eine Weiterentwicklung bestehender Techniklösungen erforderlich machen.

### **3. Vorgehen**

Aus diesem Grund wurde zur Entwicklung und Evaluation neuer Fluglotsenarbeitsplätze ein iteratives Vorgehen gewählt. Zu Beginn erfolgte eine Erhebung der aktuellen Situation im Tower durch eine Ist-Analyse des Arbeitssystems (vgl. Wickens et al. 1998). In einem weiteren Schritt wurden Anforderungen an neue Medientechnik im Tower erhoben und in Form einer Bewertungsmatrix systematisiert. Parallel dazu erfolgte eine fundierte Recherche zu aktuellen und innovativen Medientechniken und vielversprechenden Technologien, so dass die Gültigkeit und Anwendbarkeit der Anforderungen immer wieder verifiziert werden konnte. Im Folgenden werden diese Arbeitsschritte kurz vorgestellt.

#### **3.1 Ist-Analyse**

Die Basis für die Entwicklung zukünftiger Tower-Arbeitsplätze bildet eine genaue Analyse des aktuellen Arbeitssystems, der Tätigkeiten von Fluglotsen und der dahinter stehenden Abläufe (vgl. Landau & Rohmert 1987; Tavanti 2006). Da sich die einzelnen Komponenten des Arbeitssystems gegenseitig beeinflussen, müssen auch diese Interaktionen berücksichtigt werden (Wickens et al. 1998). Das Zusammenlegen von mehreren Planungsanzeigen beispielsweise verändert Arbeitsabläufe, wenn die Informationen in einer anderen Weise repräsentiert werden; eine Veränderung der Eingabemodalität kann neue Anforderungen an die Fähigkeiten oder die Ausbildung des Benutzers oder die Ausstattung der Systeme mit sich bringen. Durch eine vollständige Beschreibung der wesentlichen Komponenten des Arbeitssystems kann der Einfluss von Veränderungen im Arbeitssystem besser abgeschätzt werden.

Ergänzend zu Dokumentenanalysen, Beobachtungen und Befragungen von Nutzern und Experten an ausgewählten Flughäfen erfolgten Interviews mit den Lotsen, um vorhandene Problemfelder weiter zu identifizieren sowie die Meinung der Fluglotsen bezüglich der zukünftigen technischen und organisatorischen Entwicklung ihres Arbeitsplatzes zu erfragen.

#### **3.2 Anforderungen**

Aufbauend auf der Ist-Analyse wurden ergonomische Anforderungen an aktuelle Flugsicherungs-Arbeitsplätze abgeleitet. Zu diesen Anforderungen gehören bei

spielsweise der Informationsbedarf des Nutzers, Anforderungen an Ein- und Ausgabegeräte und Arbeitsmittel. Neben Erkenntnissen aus der Ist-Analyse wurden betriebliche Dokumente der DFS und wissenschaftliche Fachliteratur mit einbezogen. Dabei muss unterschieden werden, welche Anforderungen allgemeingültig für Flugsicherungsarbeitsplätze sind und welche nur für bestimmte Arbeitsplätze gelten, z. B. aufgrund der dort aktuell eingesetzten Technik. Da für das weitere Vorgehen im Projekt die Lösungsmöglichkeiten nicht vorab beschränkt werden sollten, wurden die Anforderungen lösungsneutral beschrieben (Pahl & Beitz 2007). Eine systematische Aufstellung der Anforderungen in Form eines umfassenden Bewertungssystems, wie es z. B. Stufflebeam (2007) vorstellt, stellte sicher, dass alle für diesen speziellen Nutzungskontext relevanten Aspekte berücksichtigt werden.

Aufbauend auf arbeitswissenschaftlichen Konzepten wie z.B. dem Belastungs-Beanspruchungs-Konzept (Rohmert 1984) und dem Arbeitssystem-Modell (Schlick et al. 2010) und auf der Basis von betrieblichen Dokumenten der DFS, Richtlinien, Normen und arbeitswissenschaftlicher Literatur wurde eine umfassende Klassifikation für das benötigte Anforderungssystem erarbeitet. Dabei wurden anthropometrische, physiologische und informatorische Anforderungen ebenso berücksichtigt wie die Sicherheitsrelevanz und das technische Umfeld. Im weiteren Projektverlauf wurde das theoretische Konstrukt durch konkrete Anforderungen ergänzt. Anhand der so erhaltenen Anforderungsliste ist die Bewertung neuer, innovativer Medientechnik aus ergonomischer Sicht möglich, was im Projekt gezeigt wurde.

### 3.3 *Recherchen*

Eine Recherche zu technologischen Parametern, Informationsdarstellungskonzepten und Interaktionsmöglichkeiten diente der Erfassung aktueller Mensch-Maschine-Interaktionsprinzipien und der Abschätzung der zukünftigen Entwicklung in diesem Bereich. Die Recherche zu innovativen Medientechniken wurde an die sensorischen Modalitäten des Menschen (vgl. Goldstein 2002) angelehnt, um neben herkömmlichen auch unkonventionelle Schnittstellen zur Informationsübermittlung (vgl. Kruijff 2006) mit zu erheben und in die spätere Bewertung mit einzubeziehen. Zur Abschätzung von Trends bezüglich der zukünftigen Entwicklung und Verfügbarkeit der neuartigen Medientechnik und der Ermittlung des aktuellen Entwicklungsstands erfolgte eine Differenzierung von Theorie, Technologie und Technik nach Schöning (2006).

Im Anschluss an die Bewertung wurden weiterführende Recherchen zu technologischen Parametern, Informationsdarstellungskonzepten und Interaktionsmöglichkeiten durchgeführt. Sämtliche Erkenntnisse zu Anforderungen an den Menschen, das Arbeitssystem und die Technik wurden so weit wie möglich erfasst, so dass sie bei der Umsetzung des Human-Machine-Interfaces berücksichtigt werden können.

## 4. **Ergebnisse**

Zum aktuellen Zeitpunkt liegen mit einer Technikdatenbank, einer Analyse aktueller Towerlotsen-Arbeitsplätze und einem systematisierten Anforderungskatalog drei Bausteine für die Gestaltung zukünftiger Tower-Arbeitsplätze vor. Die Analyse führte zur Identifikation der Multitouch-Technologie sowie der Projektionen auf teiltransparente Scheiben als zwei Untersuchungsschwerpunkte. Da mit den am Markt verfügbaren Geräten nicht alle relevanten Aspekte untersucht werden können, wurde ein eigenes Multitouch-Display aufgebaut, um seine Eigenschaften und Funktionalitäten

durch Experimente genauer zu bestimmen.

Auf dieser Grundlage werden drei technische Konzepte für einen Lotsenarbeitsplatz umgesetzt und evaluiert. Schwerpunkte der Evaluation umfassen u. a. die Interaktionsmöglichkeiten, die Auswirkung auf Arbeitsprozesse und mentale Modelle bzw. Pictures sowie die Akzeptanz durch den Nutzer. Eine besondere Herausforderung ist dabei, dass die zu untersuchende Technik nicht immer schon in Marktreife zur Verfügung steht, sondern lediglich in Form von Prototypen oder Teillösungen erhältlich sind. Ein weiteres Ziel bildet die Integration bestehender Informationssysteme, um dem Lotsen Informationen situationsgerecht darzubieten. Das Zusammenfügen der bisherigen Erkenntnisse führt zu möglichen Konzepten für künftige Towerlotsen-Arbeitsplätze, die im weiteren Projektverlauf prototypisch umgesetzt und in Benutzertests evaluiert werden.

## 5. Literatur

1. Bachmann, P. 2005, Flugsicherung in Deutschland. Stuttgart: Motorbuch-Verlag.
2. Bokranz, R. & Landau, K. 1991, Einführung in die Arbeitswissenschaft: Analyse und Gestaltung von Arbeitssystemen. Stuttgart: Ulmer.
3. Goldstein, E.B. & Ritter, M. 2002, Wahrnehmungspsychologie. Heidelberg: Spektrum.
4. König, C., Hofmann, T., Bruder, R. & Bergner, J. 2008, Arbeitsplatz Tower – Interessensrelevante Visualisierung komplexer Datenstrukturen. In: VDI/VDE Mess- und Automatisierungstechnik (Ed.), Useware 2008: Verfahrens- und Produktionstechnik, Engineering, Informationspräsentation und Interaktionskonzepte. Düsseldorf: VDI-Verlag, S. 287-298.
5. Kruijff, E. 2006, Unconventional 3D User Interfaces for Virtual Environments, Dissertation. Graz: Universität Graz.
6. Landau, K. & Rohmert, W. 1987, Aufgabenbezogene Analyse von Arbeitstätigkeiten. In: U. Kleinbeck & J. Rutenfranz (Hrsg.), Arbeitspsychologie, Enzyklopädie der Psychologie, Wirtschafts-, Organisations- und Arbeitspsychologie, 1. Göttingen: Hogrefe, S. 75-129.
7. Pahl, G. & Beitz, W. 2007, Konstruktionslehre - Grundlagen erfolgreicher Produktentwicklung. Methoden und Anwendung. Berlin: Springer.
8. Rohmert, W. 1984, Das Belastungs-Beanspruchungs-Konzept, Zeitschrift für Arbeitswissenschaft, 38, 193-200.
9. Schlick, C., Bruder, R. & Luczak, H. 2010, Arbeitswissenschaft, 3. Auflage. Berlin: Springer.
10. Schöning, S. 2006, Potentialbasierte Bewertung neuer Technologien. Aachen: Shaker.
11. Stufflebeam, D.L. 2004, Evaluation Design Checklist. Kalamazoo: Western Michigan University.
12. Tavanti, M. 2006, Control Tower Operations: A Literature Review of Task Analysis Studies, EEC Note No. 10/06. Brétigny-sur-Orge: EUROCONTROL.
13. Wickens, C., Mavor, A.S. & McGee, J.P. 1997, Flight to the future. Human factors in air traffic control. Washington D.C.: National Academy Press.
14. Wickens, C., Mavor, A.S., Parasuraman, R. & McGee, J.P. 1998, The future of air traffic control. Human operators and automation. Washington, D.C.: National Academy Press.
15. Zimmermann, C. 2001, Belastung und Beanspruchung von Fluglotsen: Validierung und vergleichende Bewertung arbeitsanalytischer Fragebogenverfahren unter Einschluss objektiver Arbeitsplatzdaten, Dissertation. Dortmund: Technische Universität Dortmund.

# Wurzeln von User-Centered und Human-Centered Design, deren Interpretationen und Anwendungen in der Praxis

Sabine JUNGINGER

*ImaginationLancaster, Universität Lancaster,  
The Roundhouse, Bailrigg, LA1 4WY Lancaster, UK  
Hertie School of Governance  
Friedrichstrasse 180, D-10117 Berlin*

**Kurzfassung:** Was heisst eigentlich „human-centered“ design und worin unterscheidet sich dieser Designansatz von dem eines „user-centered“ design? Dieser Essay widmet sich einer kritischen Reflexion dieser englischstämmigen Designansätze und weist auf wichtige Interpretations- und Bedeutungsunterschiede hin, die Auswirkungen auf deren Anwendung in der Designforschung und Designpraxis haben.

**Schlüsselwörter:** user-centered design, human-centered design, design thinking, Designansätze.

## 1. Einleitung

Als ob es nicht schon schwierig genug wäre, Design als solches zu definieren, finden wir uns jetzt einer Fülle von Begriffen und Konzepten ausgesetzt, die zum Einen aus dem anglosprachigen Raum zu uns dringen, und daher Bedeutungsnuancen mit sich bringen, die sich oft schwer ins Deutsche übersetzen lassen. Zum Andern ist es nicht immer leicht, ähnlich anmutende Designansätze zu differenzieren. Hinter den Begrifflichkeiten und Konzepten stehen jedoch durchaus unterschiedliche Methoden und Prinzipien, deren spezifische Anwendungen signifikante Auswirkungen auf die Art und Weise der Produktentwicklung und auf den Sinn und Zweck eines Produktes haben. Eine nähere Betrachtung dieser Designansätze ist deshalb angebracht, um diese ganz dem Designgedanken des nützlich und nutzbarmachenden entsprechend, deren Einsatz und Anwendung zu vereinfachen. Die Frage nach der Wünschenswertbarkeit der einzelnen diskutierten Designansätze steht hier nicht an, da der Wert und Sinn einzelner Methoden und Prinzipien sich immer im Zusammenhang mit einer bestimmten Designabsicht ergeben.

## 2. Differenzierung zwischen User-Centered und Human-Centered Design

Beginnen wir mit den schwierigen Begriffen „user-centered“ und „human-centered design.“ Hier werden uns schnell die Grenzen der Übersetzbarkeit bewusst. Als „user“, oder auf deutsch, „Benutzer“, stellen sich die meisten von uns eine singuläre Person vor, die ein Gerät benutzt oder benutzen will. In der Tat haben benutzerfreundliche Designansätze ihren Ursprung in der Interaktion einer einzelnen Person mit einem speziellen Produkt oder eines „Product Interfaces.“ Ursprünglich ging es hier um die physischen und kognitiven Limitationen von Konsumenten. In Amerika war der Designer Henry Dreyfuss der Erste, der die Beziehung Design und Mensch artikuliert und ergonomische Forschungen betrieb. Seine Arbeiten „Designing for People“ (Dreyfuss 1955) und „The Measure of Men“ (Dreyfuss 1961) sind auch heute



noch relevant für Industrie und Produkt Designer. Dreyfuss' Absichten hatten noch wenig mit „Experience Design“ als solches zu tun, obwohl die von ihm ermittelte menschengerechte Durchschnittshöhe einer Sitzfläche von 18 Inch Einfluss auf das Sitzverhalten und Sitzgefühl einer Person haben. Dreyfuss' Studien komplimentieren vielmehr die früher entstandenen Time & Motion Studies von Frederick Taylor (Taylor 1911) und den Gilbreths (Gilbreth & Gilbreth 1917).

Erst viel später wurde das Augenmerk im Produktdesign auf Erfahrung und Erlebnis gelenkt. Patrick Jordan's „The Pleasurable Object“ (Jordan 2000) verwies auf die sozialen und psychologischen Dimensionen eines Produktes und auf deren Auswirkungen auf die Beziehung Mensch-Produkt. Vor allem aber führte er den Bedarf für emotionales Produktdesign auf und leistete einen wichtigen Beitrag die uns zu Experience Design führte.

Im Gegensatz zum „user-centered“ Design kann man die Bestrebungen des human-centered Design als eine Erweiterung der singulären Mensch-Produkt-Beziehung verstehen. Der Mensch wird nicht als Einzelwesen betrachtet, sondern wird gleichzeitig auch in seiner kollektiven Rolle verstanden. Die direkt erfahrbare Mensch-Produkt-Beziehung steht nach wie vor im Mittelpunkt. Aber diese Beziehung wird relativiert durch die Beziehungen des Menschen zur Umwelt und Mitwelt. Damit steht das „human“ in „human-centered“ Design nicht nur für eine einzelne Person, sondern gleichzeitig auch für ein Streben nach allgemeiner Menschlichkeit. Human-centered Design befasst sich deshalb auch mit Fragen der Menschenwürde (Human Dignity), Nachhaltigkeit (Sustainability) und Gerechtigkeit (Justice) (Buchanan 2006). Aspekte die wohl in einzelnen Produkten und Systemen Ausdruck finden, die aber nicht in den direkten Bereich des am-Nutzer orientierten Design gehören. So lautet die Definition von human-centered Design der Usability Professional Association (UPA)

User-centered design is an approach to design that grounds the process in information about the people who will use the product. UCD processes focus on users through the planning, design and development of a product.

Laut Designforscherin Elizabeth Sanders (Sanders 1995) kristallisiert sich immer mehr heraus, dass user-centered design-zentrierte Designforschung den Benutzer oft als Forschungsobjekt betrachtet, während die vor allem in Skandinavien entwickelten und angewandten Methoden des partizipativen Designs die Benutzer als Co-Designer mit in ein Designprojekt einbinden. In der Tat dominieren in human-centered Designprojekten partizipative Designmethoden und kollaborative Produktentwicklung. Sanders gilt als Urheberin der dreidimensionalen Anforderungen, die ein benutzerfreundliches Produkt zu erfüllen hat: „usable, useful and desirable,“ das heisst, nützlich, nutzbar und wünschenswert zugleich zu sein (Sanders 1992).

### **3. Wie unser Verständnis von „user-centered“ und „human-centered“ design Designforschung und Produktentwicklung beeinflussen**

Ein weiteres Indiz dafür, dass wir ein geschärftes Verständnis für user-centered und human-centered design entwickeln sollten, ist deren weitreichender Einfluss auf emergierende Designpraktiken. Dazu gehören zum Beispiel „Human-Centered Interaction Design“ (Buchanan 2004), Service Design (Shostack 1984; Sangiorgi 2009), und „Managing as Designing“ (Boland & Collopy 2004). All diese Bereiche und Aktivitäten befürworten die Anwendung von Designmethoden und Designdenken. Dies wirft die Frage auf: welche Art von Designdenken? Welche Designmethoden? Zu



welchem Zweck? Dabei gewinnt die Verbindung zwischen „designing and changing“, die das Potential gezielter Designaktivitäten im Zusammenhang mit organisatorischem und sozialem Wandel zunehmend an Bedeutung (Junginger 2007). Tabelle 1 gibt einen Überblick über einige dem englischen entnommene Designansätze und deren deutsche Interpretationen.

**Tabelle 1:** Beispiele für Designansätze aus dem Englischen und deren deutsche Übersetzung sowie die damit zusammenhängenden möglichen Bedeutungsunterschiede

Designansatz	Kernaussage	Wurzel	Übersetzung	Unterschied
Experience Design	Doing and Undergoing	Art as Experience (Dewey 1934)	Betonung auf passivem Erfahren & Erleben	Entspricht eher: Aktives Tun & Erleben
Human-Centered Interaction Design	Products and Services as Mediators between People	Art as Experience; Human Nature and Conduct (Dewey 1930) Design as Rhetoric (Buchanan 1995)	Produkte und Dienstleistungen als Mittler zwischen Menschen, Konsumgedanke dominiert	Produkt gilt nicht als Konsumgut sondern als Ergebnis von Designforschung
Human-Centered Design	Human Dignity, Sustainability, Justice, Human Relationships between individuals and collective	Design as Rhetoric (R. Buchanan)	Mensch-bezogenes, am Menschen-orientiertes Design, Betonung auf einzelner Person	Entspricht eher: Menschliches Design, Design für Menschlichkeit
User-Centered Design	Useful, usable and desirable to the individual	Human Factors Ergonomics (H. Dreyfuss)  Human-Machine Interaction  Human-Computer Interaction  Time Studies (F. Taylor) Motion Studies (Gilbreth)	Benutzer-orientiertes Design, Benutzerfreundliches Design	Entspricht in etwa dem Sinn des englischen Begriffes
Service Design	Verschiedene Interpretationen	(z. B., L.G. Shostack, D. Sangiorgi)	?	?
Managing as Designing	Managing als kreative und gestalterische Aktivitäten	R. Boland & F. Collopy	?	?

Damit veranschaulicht die Tabelle die Problematik, die mit der Übersetzung in die deutsche Sprache und in die deutsche Designpraxis verbunden sind. Kleine Unter-

schiede in der Betonung führen zu entscheidenden Verschiebungen in der Interpretation und Anwendung. Ich möchte betonen, dass diese Tabelle keineswegs vollständig ist und hier vor allem dem Zweck der beispielhaften Veranschaulichung dienen soll. Im Sinne meiner eigenen Interpretation von human-centered interaction design, das demnach die Aufgabe hat, Menschen 1) einzuladen, 2) einzubinden und 3) in die Lage zu versetzen, selbständig zu agieren und zu entscheiden, hoffe ich dass ich mit diesem kurzen Essay beim Leser zumindest die ersten zwei Ziele erreicht habe.

#### 4. Literatur

1. Boland, R. & Collopy, F. (Eds.) 2004, *Managing as designing*. Stanford: Stanford University Press.
2. Buchanan, R. 1995, Rhetoric, humanism and design. In: R. Buchanan & V. Margolin (Eds.), *Dis-covering Design: Explorations in Design Studies*. Chicago: University of Chicago Press, S. 23-66.
3. Buchanan, R. 2004, Management and design: interaction pathways in organizational life. In: R. Boland & F. Collopy (Eds.), *Managing as designing*. Stanford: Stanford University Press, S. 54-63.
4. Buchanan, R. 2006, Human dignity and human rights: thoughts on the principles of human-centered design. In: M. Bierut, W. Drenttel & S. Heller (Eds.), *Looking Closer Five: Critical Writings in Graphic Design*. New York: Allsworth Press, S. 140-144.
5. Dewey, J. 1930, *Human nature and conduct – an introduction to social psychology*. New York: The Modern Library.
6. Dewey, J. 1934, *Art as experience*. New York: Minton, Balch and Company.
7. Dreyfuss, H. 1955, *Designing for people*. New York: Simon and Schuster.
8. Dreyfuss, H. 1961, *The measure of men*. New York: Dreyfuss Associates.
9. Gilbreth, F. & L. Gilbreth 1917, *Applied Motion Study*. New York: Sturgis & Walton Co.
10. Taylor, F.W. 1911, *The Principles of Scientific Management*. New York: Harper Bros.
11. Jordan, P.W. 2000, *Designing pleasurable objects*. London: Taylor and Francis.
12. Junginger, S. 2007, Product development as vehicle for organizational change, *Design Issues*, 24, 26-35.
13. Sanders, E.B.-N. 1992, Converging perspectives: product development research for the 1990's, *Design Management Journal*, 3, 49-54.
14. Sanders, E.B.-N. 1995, Design research 2006, *Design Research Quarterly*, 1, 1-8.
15. Sangiorgi, D. 2009, Building up a Framework for Service Design Research. Paper presented at the 8th European Academy of Design Conference, Aberdeen.
16. Shostack, L.G. 1984, Designing services that deliver, *Harvard Business Review*, Jan-Feb 1984, 133-139.
17. Usability Professionals' Association – UPA. Im Internet verfügbar unter: [www.upassoc.org/usability\\_resources/about\\_usability/what\\_is\\_ucd.html](http://www.upassoc.org/usability_resources/about_usability/what_is_ucd.html). Letzter Aufruf September 4, 2009.

# Usability eines 3D-Interfaces zur Visualisierung von Informationssystemlandschaften

Thorsten SPIES<sup>1</sup> und Thomas HOFMANN<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Universität Duisburg-Essen (Campus Essen),  
Fakultät für Wirtschaftswissenschaften*

<sup>2</sup> *Institut für Informatik und Wirtschaftsinformatik (ICB),  
Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik und Softwaretechnik,  
Universitätsstraße 9, D-45117-Essen*

**Kurzfassung:** Aufgrund hochentwickelter Technologien stellen sich viele Softwareprodukte inzwischen als regelrechte Informationslandschaften dar. Um diese hochintegrierte Software durch den Nutzer übersichtlich und bedienbar zu gestalten, erfordert es ein neues Denken bei der Darstellung und Interaktion.

**Schlüsselwörter:** Information Overload, Skalierbarkeit, Informationsmanagement, Systemanalyse.

## 1. Einleitung

Einzelne Softwaresysteme werden heutzutage durch fortgeschrittene technologische Möglichkeiten immer weiter zu komplexen hochintegrierten Informationssystemlandschaften vernetzt.

Typische Eigenschaften solch komplexer Informationssysteme sind Eigendynamik und Emergenz, Multidimensionalität, Offenheit und Dezentralisierung. Große Organisationssysteme sind dezentral im Einsatz und der Entwicklung und werden von einer großen Zahl verschiedener Nutzer mit unterschiedlichen Interessen genutzt.

Eines der wohl wichtigsten Konzepte im Bereich der Informationssystementwicklung und der damit verbundenen Architekturdokumentation ist das Konzept der Sicht (Clements 2002), welches hinsichtlich der Reduktion und Beherrschung von Komplexität als mächtiges Werkzeug angesehen wird (Clements 2002).

Die unterschiedlichen Sichten werden in einem arbeitsteiligen Konstruktionsprozess mithilfe zahlreicher Modelle und Diagramme erstellt und dokumentiert, wobei der Fokus bei der Problemlösung im Sinne des „Teile und Herrsche“-Prinzip stark auf Detailkomplexitäten gerichtet ist (Booch 2007). Im Rahmen der Konstruktion von Informationssystemen sind dadurch vor allem analytische Denkprozesse vorherrschend, mit denen Ergebnisse erzeugt werden, die an bestimmte Phasen des Lebenszyklus gebunden sind, ein unterschiedliches Abstraktionsniveau und Detailgrad besitzen, unterschiedliche Verschachtelungstiefen besitzen, starke Abhängigkeitspfade besitzen, etc.

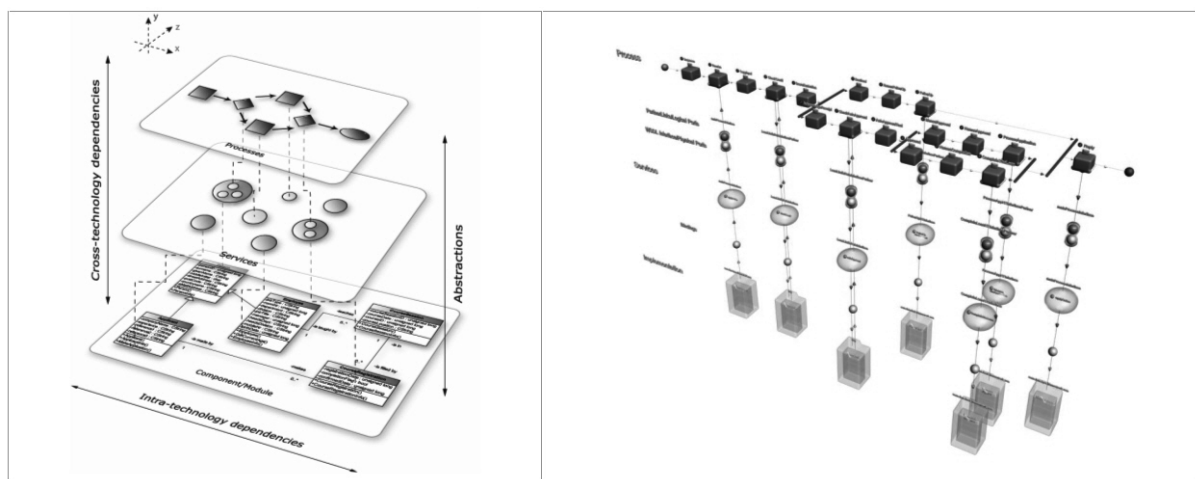
Dies birgt die Gefahr, dass trotz einer großen Menge dokumentierter Sichten im Laufe der Evolution eines Systems erhebliche Defizite bei der Informationsversorgung entstehen können und somit die Betrachtung relevanter kontextspezifischer Aspekte mit Bezug auf das Gesamtsystem nicht oder nur mit erheblichem Aufwand möglich ist. Insbesondere die Gefahr, dass systemische Wirkungszusammenhänge intransparent bleiben und nicht erkannt bzw. verstanden werden, kann zu einer schwer kontrollierbaren Eigendynamik mit erheblichem Einfluss auf die Nachhaltigkeit des Systems führen.

Bei der Konstruktion und Dokumentation von Informationssystemen sind zweidimensionale Darstellungsformen und Diagrammtypen, wie sie bspw. in der Unified Modeling Language (UML) verwendet werden, nach wie vor vorherrschend. Zur Darstellung komplexer Zusammenhänge werden jedoch vermehrt auch dreidimensionale Darstellungsformen erforscht und eingesetzt. Dabei gilt es insbesondere, die Nutzerfreundlichkeit der Darstellung von, sowie der Interaktion mit Massendaten und Systemstrukturen zu berücksichtigen.

## 2. Konzeption und Implementierung einer 3D Visualisierung

Um die Informationsversorgung im Umgang mit komplexen Informationssystemen zu verbessern, wurde das sogenannte „Generische Sichtenkonzept“ (Eicker 2008) entwickelt.

Um sowohl ebenen-interne als auch ebenen-übergreifende Elemente und Abhängigkeiten darstellen und visualisieren zu können, wurde exemplarisch eine dreidimensionale Repräsentation unterschiedlicher Abstraktionsebenen eines Informationssystems erstellt. In Abbildung 1 erstrecken sich drei Ebenen entlang der XZ-Achsen.



**Abbildung 1:** 3D-Darstellung unterschiedlicher Abstraktionsebenen

Die höchste Ebene in der Abbildung enthält eine Menge von Geschäftsprozessen mit unterschiedlichen Aktivitäten, die zwischen einem Start- und einem Endpunkt in einer festgelegten Reihenfolge zu durchlaufen sind.

Der Vorteil der dreidimensionalen Repräsentation besteht darin, dass Elemente verschiedener Abstraktionsebenen mit ihren ebeneninternen und ebenen-übergreifenden Abhängigkeiten zusammenhängend dargestellt werden können.

Um erste Erfahrungswerte mit den dreidimensionalen Interaktions- und Visualisierungskonzepten sammeln zu können, wurde ein 3D-Prototyp auf Basis des sogenannten „Generic View“ Konzeptes entwickelt. Es wurden u.a. verschiedene Kamerasysteme, Layout-Algorithmen und Konfigurationsmöglichkeiten bezüglich der visuellen Elemente (Modelle, Billboards, Texturen, Effekte, etc.) implementiert. Abbildung 2 zeigt Screenshots des Prototypen.



**Abbildung 2:** 3D-Darstellung unterschiedlicher Visualisierungsformen

### 3. Nutzungskontext

Basierend auf den oben dargestellten Prototypen wurden Usabilitytests durchgeführt und versucht die Nutzbarkeit der vorliegenden Konzepte zu beurteilen.

Vor allem zwei Charakteristika der Prototypen erforderten eine ausführlichere Beurteilung: zum einen die grundsätzliche Nutzung von dreidimensionalen Visualisierungen für Informationslandschaften, zum anderen die Navigation in derselben.

#### 3.1 3D Visualisierung & Symbolisierung

Der Einsatz einer dreidimensionalen Visualisierung ermöglicht eine wesentlich komplexere Darstellung. Dies erfordert vom Nutzer jedoch auch eine entsprechende Fähigkeit der Wahrnehmung und Informationsverarbeitung, so muss dieser in der Lage sein, räumliche Anordnungen richtig zu interpretieren. Je komplexer die dargestellten Geometrien sind, desto anspruchsvoller wird auch die Interpretation dieser. Während zweidimensionale Darstellungen in ihrer Form und Begrenzung nahezu immer identisch sind, fehlt diese Konstante bei dreidimensionalen Darstellungen (vgl. Abbildung 3).



**Abbildung 3:** Zweidimensionale Repräsentanz eines Kubus (Quadrat, links) und unterschiedliche dreidimensionale Darstellungen

Beeinflusst wird die Interpretation nicht nur durch die reine Geometrie, sondern durch weitere Einflussfaktoren wie Licht und Schatten. Sie werden zwar plastischer und realistischer, andererseits können diese Parameter auch die Interpretation durch den Nutzer erschweren.

Dies trifft nun nicht nur auf einzelne Objekte zu, sondern auch auf das Gesamtsystem. Im Zuge einer möglichst effektiven, dem Kontext angepassten Darstellung wurden zahlreiche Experimente bei der Darstellung unternommen. Ein Hauptaugenmerk lag auf der Darstellung von Symbolen und Typographie. Bei der Visualisierung von Text war klar, dass dieser als Billboard existieren muss, also immer orthogonal zum

Betrachter ausgerichtet sein muss. Bei den verwendeten Symbolen stellte sich jedoch die Frage, ob diese ebenfalls als Billboard existieren sollten oder statisch in die gesamte dreidimensionale Struktur der Visualisierung eingebunden sein sollten.

Schließlich entschied man sich, die Symbole statisch zu implementieren, da der Zusammenhang zum gesamten dreidimensionalen Kontext besser gewahrt blieb.

### 3.2 Navigation

Die Bewegung im dreidimensionalen Raum kann auf unterschiedliche Weise erfolgen und unterliegt keinen physikalischen Beschränkungen. In den ersten Experimenten wurden zahlreiche Analogien zu Videospielen verwandt, die Steuerung erfolgte ähnlich, wie bei so genannten ‚Ego-Shootern‘ oder Flugsimulatoren.

Es stellte sich jedoch heraus, dass eine der ‚Physik befreiten‘ Steuerung innerhalb kürzester Zeit zur Verwirrung der Nutzer führt oder das Gesamtsystem unlesbar wird. Schließlich wurde eine in seinen Freiheitsgraden sehr beschränkte Steuerung implementiert, welche sich an Metaphern der ‚realen‘ Welt orientiert (kein Kippen, keine Blickwinkeländerung, etc.).

## 4. Bewertung & Ausblick

Im Rahmen der bisher durchgeführten Untersuchungen stellte sich heraus, dass die dreidimensionale Darstellung von komplexen Zusammenhängen, wie Prozessvisualisierungen, zu einer massiven Verbesserung des Verständnisses durch den Nutzer kommt. Die komplexe Verschachtelung von Informationen erfordert eine entsprechend mehrdimensionale Darstellung. Diese Ausweitung bedingt jedoch auch eine höhere Interpretations- und Navigationskompetenz der Nutzer.

Es lässt sich somit festhalten, dass der Einsatz dreidimensionaler oder sogar stereoskopischer Darstellungen einen deutlichen Mehrwert bei der Visualisierung komplexer Systeme darstellt, jedoch bei weitem nicht alle technischen Möglichkeiten (Navigation, Darstellung) sinnvoll sind. Eine dem Nutzer und Nutzungskontext angepasste Gestaltung ist eminent wichtig.

## 5. Literatur

1. Booch, G., Maksimchuk, R.A., Engel, M.W., Young, B.J., Conallen, J. & Houston, K.A. 2007, Object-oriented analysis and design with applications, 3rd Edition. Boston: Addison-Wesley Professional.
2. Clements, P., Bachmann, F., Bass, L., Garlan, D., Ivers, J., Little, R., Nord, R. & Stafford, J. 2002, Documenting software architectures: Views and beyond, SEI series in software engineering. Boston: Addison-Wesley Professional
3. Dijkstra, E. 1979, Programming considered as a human activity. Classics in Software Engineering, Upper Saddle River: Yourdon Press, S. 1-9
4. Eicker, S., Jung, R., Schwittek, W. & Spies, T. 2008, SOA Generic Views - In the Eye of the Beholder. In: Proceedings of IEEE Congress on Services - Part I. Honolulu: IEEE Computer Society, S. 479-486.
5. ISO/IEC 42010 2007, Systems and software engineering - Recommended practice for architectural description of software-intensive systems. Berlin: Beuth.



# Sitzbasierte Steuerung von Desktopapplikationen und eine ergonomische Bewertung

Jan BRAUER und Steffi BECKHAUS

*interactive media.virtual environments, Universität Hamburg,  
Vogt-Kölln-Str. 30, D-22527 Hamburg*

**Kurzfassung:** Die sitzbasierte Computerschnittstelle ChairIO ist ein sehr intuitives und benutzerfreundliches Eingabegerät für die Navigation in virtuellen Welten und die Steuerung von 3D-Spielen. Das hier vorgestellte Projekt untersucht das ChairIO als Eingabegerät zur Steuerung von „klassischen“ Desktop Anwendungen in einer vergleichenden Studie mit einer Zwei-Button Maus auf deren ergonomischen Qualitäten.

**Schlüsselwörter:** Intuitives Eingabegerät, Joy of Use, Anwendung im Arbeitsalltag.

## 1. Einleitung

Die sitzbasierte Computerschnittstelle ChairIO hat sich als äußerst intuitives und benutzerfreundliches Eingabegerät für die Navigation in virtuellen Welten und zur Bedienung von 3D-Spielen herausgestellt.

Das ChairIO basiert auf einem ergonomischen Bürostuhl ohne Lehne, dessen frei rotierbare Sitzfläche auf einer federnden Mittelsäule sitzt, die wiederum nach vorne, hinten und zu den Seiten ausgelenkt werden kann. Dieser Stuhl ist mit Sensoren ausgestattet, welche die Bewegung des Hockers an einen Computer übermitteln. Der sitzende Mensch steuert den Stuhl – und damit den Computer – durch eigene Gewichtsverlagerung, Hüftrotation oder Auf- und Abwippen, ähnlich einem Joystick (vgl. Abbildung 1).

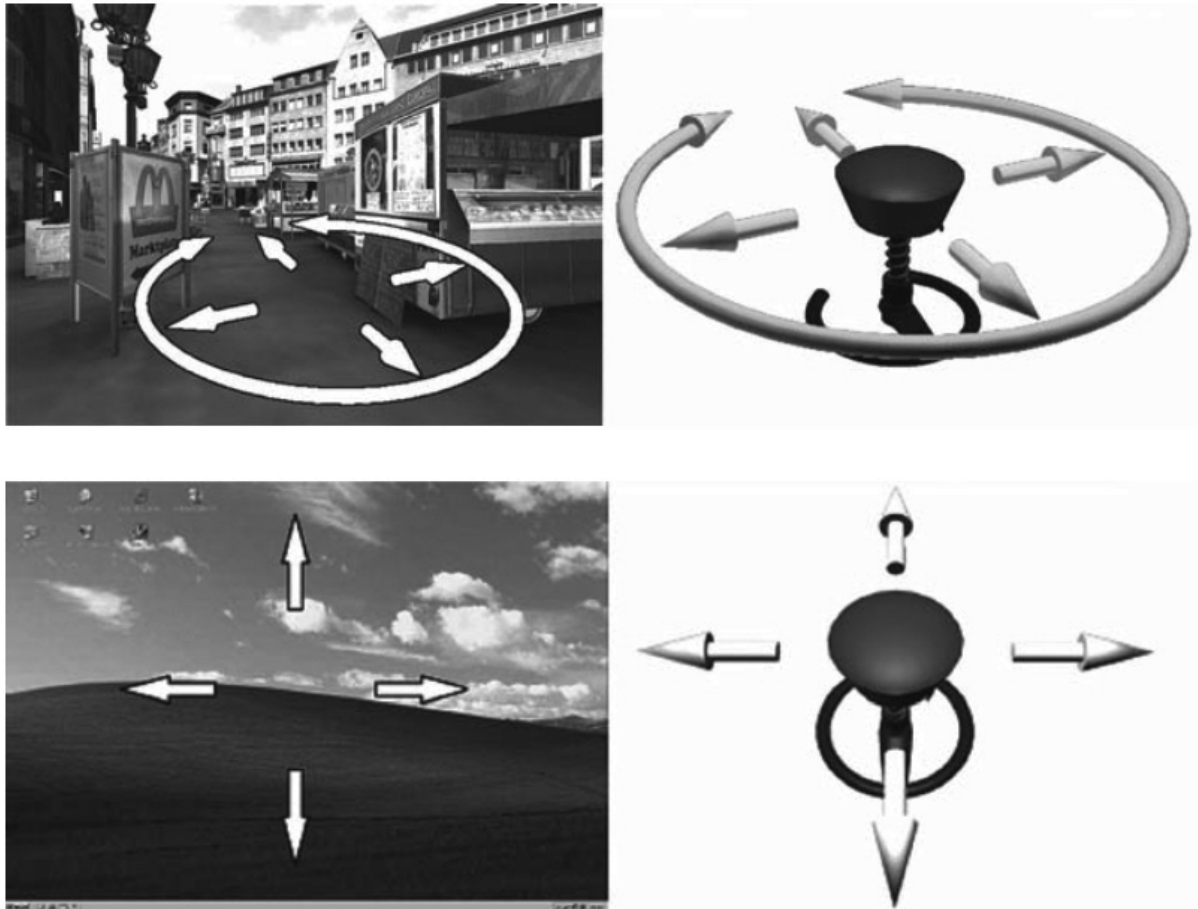
In verschiedenen vorigen Studien konnten gezeigt werden, dass diese Schnittstelle insbesondere für die Navigation durch 3D-Welten geeignet ist (Beckhaus et al. 2005). Das hier vorgestellte Projekt untersucht das ChairIO als Eingabegerät zur Steuerung von „klassischen“ Desktop Anwendungen in einer vergleichenden Studie mit einer Zwei-Button Maus auf deren ergonomischen Qualitäten (Brauer 2007). Dazu wurden in einer Benutzerstudie zwei Anwendungsszenarien mit verschiedenen formalen Tests evaluiert (Fitt's Law Experiment, AttrakDiff, SUS) und vier Hypothesen überprüft.

## 2. Methode

Das ChairIO kann gleichermaßen für Desktop Systeme und große Projektionen als sitzbasierte Eingabe eingesetzt werden kann. Es steuert intuitiv die Bewegung durch virtuelle Welten und bietet gleichzeitig ein reichhaltiges Bewegungserlebnis für den Akteur selbst. Der Computer übersetzt dann diese Bewegung beispielsweise in Bewegung in einer 3D Welt oder in Steuerungsinformation für Spiele oder GoogleEarth.

Um das ChairIO als universelles Eingabetool für Desktop Anwendungen benutzen

zu können, muss ein Treiber für die Umrechnung der Sensordaten in ein von den Computeranwendungen verwendbares Format sorgen (Beckhaus et al. 2007).



**Abbildung 1:** Übertragung der Stuhlauslenkung und Sitzflächenrotation auf eine Bewegung durch eine 3D Welt mit Änderung der Orientierung (oben) und auf die Bewegung auf dem Desktop ähnlich einer Maus (unten)

Dafür müssen die Daten des elektromagnetischen Positions- und Orientierungs Trackers übertragen und sinnvoll umgerechnet werden. Zusätzlich werden zwei frei positionierbare Fusschalter zur Simulation des rechts- und linken Mausklick eingesetzt. Im Rahmen dieses Projekts wurde dafür Hardware und ein Treiber für Windows entwickelt, der eine Maus bzw. einen Joystick simuliert (Brauer 2007).

### 3. Benutzerstudie

In einer Benutzerstudie wurden vier Hypothesen zur Evaluation des ChairIOs als Steuerungsmöglichkeit für Desktopapplikationen überprüft, nämlich:

- Hypothese 1: Das ChairIO ermöglicht eine Systeminteraktion, die der Qualität der Maussteuerung nahe kommt.
- Hypothese 2: Das Interface lässt sich intuitiv und ohne Lernaufwand bedienen.
- Hypothese 3: Die Benutzung des Interface macht Spaß.
- Hypothese 4: Das Interface unterstützt Programme, die mehrere Eingabemodalitäten erfordern, in besonderer Weise.

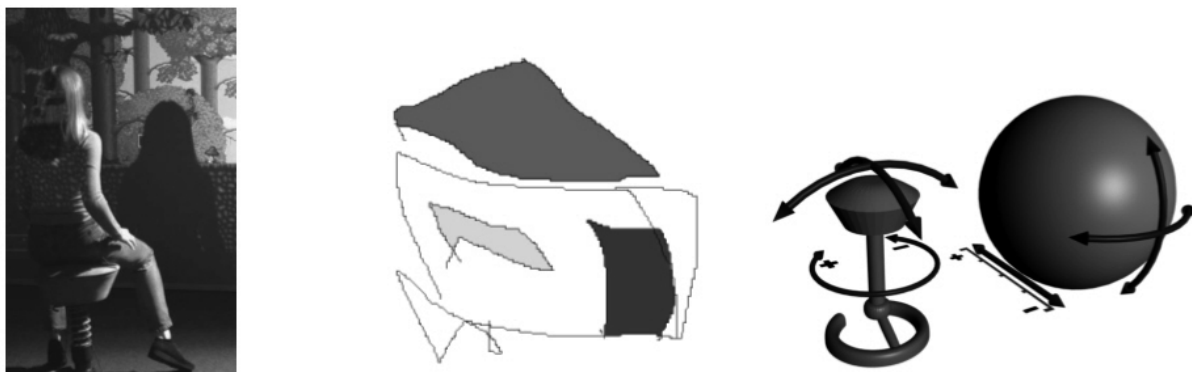
Das vorgestellte Interface wurde in zwei unterschiedlichen Arten von Anwen-

dungsprogrammen getestet. Diese sind erstens die Steuerung des Mauszeigers eines Windowsdesktopsystems am Beispiel eines Malprogramms sowie zweitens die Steuerung der 3D-Navigationssoftware Google Earth. Es wurden je ein qualitativer Test durchgeführt. Außerdem wurde ein quantitativer Test zum Vergleich mit der Maus durchgeführt. Der direkte Vergleich zwischen Maus und ChairIO ist an ein Experiment von Card et al. (1978) angelehnt, das auf den Erkenntnissen von Fitts' Law (Fitts 1954) basiert. Hierzu wird die Bewegungszeit des Cursors bei unterschiedlicher Distanz und variierender Breite der Ziele gemessen. Daraus lässt sich ein Kennwert ermitteln mit dem Eingabegeräte charakterisiert und vergleichbar gemacht werden können.

Bei der Bedienung des Malprogramms waren die Nutzer aufgefordert eine einfache Zeichnung anzufertigen und das erstellte Bild abzuspeichern (vgl. Abbildung 2). Bei der Gestaltung dieses Teilbereichs wurde versucht möglichst alle sechs Elementaraufgaben bei der Benutzung des Eingabegeräts abzudecken. Diese umfassen die Selektion, Position, Orientierung, Pfad, das Quantifizieren und die Texteingabe (Foley et al. 1984).

Bei der Nutzung von Google Earth sollten die Testpersonen die Steuerung frei erforschen (vgl. Abbildung 2). Aufgabe war hier die Ansteuerung des eigenen Geburtsorts.

Zur Bedienung der Maussteuerung sowie zur Bedienung von Google Earth wurde jeweils ein selbst erstellter Freitextfragebogen und die System Usability Scale (SUS) verwendet. Mit SUS liegt eine sehr einfach zu benutzende Bewertungsskala vor, die insbesondere auf gute Vergleichbarkeit unterschiedlicher System abzielt (Brooke 1996). Abschließend fand eine Gesamtbewertung mit AttrakDiff statt (Hassenzahl et al. 2003). AttrakDiff ist ein Evaluationsverfahren, welches zwischen pragmatischer und hedonischer Qualität unterscheidet. Es wird also nicht nur die Effektivität und Effizienz des Eingabegerätes gemessen, sondern auch ihr Joy of Use.



**Abbildung 2:** a) das ChairIO in Benutzung vor einer Projektionswand, b) ein mit dem ChairIO gemaltes Haus, Teil der Studie, c) die Übertragung der ChairIO Bewegung auf die Welt von GoogleEarth

#### 4. Ergebnisse

Alle Teilnehmer empfanden die Steuerung als zu ungenau. Insbesondere Bewegungen im Kleinstbereich fiel den Teilnehmern schwer. Ein Kritikpunkt, der von vielen geäußert wurde, ist die Schwierigkeit den Mauszeiger stillzuhalten. Dies deckt sich auch mit den Ergebnissen aus dem Fitts' Law Experiment. Das ChairIO ist in dieser Studie, bedingt durch die aktuelle technische Qualität des Treibers, um einen Faktor

von vier schlechter als die herkömmliche Maus. Damit entspricht die Steuerungsqualität nicht der der Maussteuerung (siehe Hypothese 1).

Obwohl sich alle Nutzer über die Ungenauigkeiten beschwerten, gelang es allen ohne Vorkenntnisse, das Interface zu bedienen. Die Mausbedienung durch ChairIO führte nach Angaben der Nutzer an keiner Stelle zu unerwartetem Verhalten. Auch die auf die Steuerung von Google Earth abgebildeten Bewegungen wurden als natürlich empfunden. Dieser Befund spricht dafür, dass sich das Interface intuitiv und ohne Lernaufwand bedienen lässt (siehe Hypothese 2).

Der angenommene Spaß an der Benutzung wird sowohl durch die Ergebnisse des AttrakDiff-Fragebogens als auch durch die Benutzerreaktionen zu den einzelnen Tests bestätigt. Das Gerät wird als stimulierend und motivierend wahrgenommen. Dies konnte man sowohl bei der Benutzung beobachten als auch aus den nachfolgenden Befragungen entnehmen. Das Gerät macht somit Freude (siehe Hypothese 3).

Bei der Benutzung von Google Earth wurde das Potenzial des ChairIO Anwendungen, die mehr als zwei Freiheitsgrade bei der Eingabe unterstützen, in besonders geeigneter Weise zu steuern deutlich. Alle Teilnehmer empfanden das Mapping der Bewegungen als natürlich. Auch Personen mit geringen Vorkenntnissen fiel die Steuerung leicht, ein Befund der dafür spricht, dass das Interface intuitiv bei komplexen Eingaben zu bedienen ist (vergleiche Hypothese 4).

## 5. Fazit

Die aufgestellten Hypothesen konnten teilweise bestätigt werden. Festzuhalten ist:

- Das Interface lässt sich intuitiv bedienen.
- Die Benutzung des Interface macht Freude.
- Das ChairIO bietet Unterstützung für Programme, die besondere komplexere Eingabemodalitäten erfordern, die beispielsweise nicht auf der Fläche liegen oder komplexer sind und die Steuerung von mehr als zwei Bewegungsrichtungen erfordern.
- Zur Zeit reicht die Systeminteraktion mit dem ChairIO noch nicht an die Qualitäten einer Maussteuerung heran. Die benutzen Sensoren in Kombination mit der Bewegung des Stuhls erzeugen ein Zittern der übertragenen Bewegungsdaten. Glättungsalgorithmen und Anpassungen an die Bewegungsartefakte werden diese Probleme minimieren, wurden jedoch zum Zeitpunkt der Studie noch nicht eingesetzt. Ebenso kann der Einsatz der Fusschalter optimiert werden, da ein Fussclick eine leichte Bewegung erzeugt, die sich dann wiederum auf den Stuhl und die Mausbewegung überträgt.

Die Evaluation hat gezeigt, dass die sitzbasierte Interaktion in der verwendeten direkten Umsetzung von Stuhlbewegung auf Mausbewegung noch nicht präzise und stabil genug ist, um in der Qualität gleichwertig zur Maussteuerung sein zu können. Die Evaluation hat aber auch gezeigt, dass die getestete Sitzinteraktion höchst intuitiv und ohne Lernaufwand zu bedienen ist, ihr Einsatz Freude macht und die Eingabemöglichkeit in besonderer Weise solche Programme unterstützt, die mehrere Eingabemodalitäten erlauben. Diese können bei Bedarf auch über Handeingabegeräte wie der Maus gesteuert werden, da bei der hier vorgestellten sitzbasierten Interaktion die Hände frei sind. Ein potentieller Vorteil des ChairIOs im Arbeitsalltag ist, dass die Steuerung automatisch die Beweglichkeit fördert und den Körper mit in die Steuerung einbezieht.

## 6. Literatur

1. Beckhaus, S., Blom, K. & Haringer, M. 2005, Intuitive, Hands-free Travel Interfaces for Virtual Environments. In: D. Bowman, B. Fröhlich, Y. Kitamura & W. Stürzlinger (Hrsg.), VR 2005, Workshop New directions in 3D User Interfaces. Aachen: Shaker.
2. Beckhaus S., Blom K. & Haringer M. 2007, ChairIO - the Chair-Based Interface. In: C. Magerkurth & C. Röcker (Hrsg.), Concepts and Technologies for Pervasive Games 1. Aachen: Shaker Verlag, S. 231-264
3. Brauer, J. 2007, Ein sitzbasiertes Interface zur Steuerung von 2D-Desktopapplikationen, Diplomarbeit. Hamburg: Universität Hamburg.
4. Card, S.K., English, W.K. & Burr, B.J. 1978, Evaluation of mouse, rate-controlled isometric joystick, step keys, and text keys, for text selection on a CRT, *Ergonomics*, 21, 601- 613.
5. Fitts, P.M. 1954, The information capacity of the human motor system in controlling the amplitude of movement, *Journal of Experimental Psychology*, 47, 381- 391.
6. Foley, J.D., Wallace, V-L. & Chan, P. 1984, The human factors of computer graphics interaction techniques, *IEEE Computer Graphics and Applications*, 4, Nr. 11, 13-48.
7. Brooke, J 1996: SUS-A quick and dirty usability scale. In: P. Jordan, J.W. Jordan & I.L. McClelland (Hrsg.), *Usability Evaluation in Industry*. London: Taylor & Francis, S. 189-194.
8. Hassenzahl, M., Burmester, M. & Koller, F. 2003, AttrakDiff: Ein Fragebogen zur Messung wahrgenommener hedonischer und pragmatischer Qualität. In: G. Szwillus & J. Ziegler (Hrsg.), *Mensch & Computer 2003: Interaktion in Bewegung*. Stuttgart: Teubner, S. 187 -196.





## My.Interaction – Neue Entwicklungen in der Individualisierung web-basierter Medienangebote

Arne KITTLER

*Fork Unstable Media GmbH, Juliusstr. 25, D-22769 Hamburg*

**Kurzfassung:** Entwicklungen wie Social Media, mobile Mediennutzung, Authentifizierungsstandards und Inhaltsaggregation ermöglichen heute eine wesentlich individuellere Mediennutzung als noch vor wenigen Jahren.

Dieser Beitrag stellt eine Auswahl aktueller Individualisierungsphänomene mit Blick auf die Implikationen für eine individuelle User Experience vor. Im Fokus stehen dabei Überlegungen zu einer Individualisierbarkeit von Interfaces und zu plattformübergreifenden Individualisierungsprinzipien.

**Schlüsselwörter:** Individualisierung, Personalisierung, Interface, User Experience.

### 1. Einleitung

Die Individualisierung von Online-Medien war Ende der 90er Jahre sowohl in akademischen als auch populärwissenschaftlichen Beiträgen zu interaktiven Medien ein vielbeachtetes Thema. Neben der Customization im Sinne einer expliziten Anpassbarkeit von Medienangeboten wurde seinerzeit vor allem auch einer eher von intelligenten Lerneffekten geprägte Personalisierung (Kittler 2000) großes Potenzial zugesprochen.

Die Aufmerksamkeit für Ansätze zur intelligenten Individualisierung von Online-Medien entpuppte sich in den ersten Jahren des neuen Jahrtausends allerdings als verfrühter Hype, da sich (von vereinzelt Phänomenen wie der Empfehlungsfunktion von Amazon.com einmal abgesehen) kaum derartige Entwicklungen in der Praxis etablieren konnten. Hierfür gibt es eine Reihe von Ursachen. Unter anderem fehlte es schlicht an ausreichend etablierten und am Markt akzeptierten technischen Lösungen, beispielsweise im Bereich der Authentifizierung.

Anlässlich der Beobachtung, dass sich Prinzipien individueller Inhalts-Aggregation auf Plattformen wie Netvibes.com inzwischen auch in einer breiteren Nutzerschaft etabliert haben - auch wenn dies nicht unter dem Begriff der Personalisierung geschieht - nimmt sich dieser Beitrag der Thematik erneut an. Zudem werden aufgrund jüngerer technologischer Fortschritte und Entwicklungen auch im Nutzerverhalten (Stichworte: OpenID & Facebook Connect, Social Media, Mobile Mediennutzung) einige bereits Ende der 90er Jahre vorhandenen Überlegungen für weitergehende Individualisierungsansätze erneut aufgenommen.

Im Folgenden werden zwei Aspekte näher betrachtet:

- Es stellt sich die Frage, ob und inwiefern Interfaces in ähnlichem Maße wie die darzustellenden Inhalte individualisierbar sein können bzw. sollen.
- Zum anderen werden Überlegungen zu einer plattformübergreifenden Anwendung von Individualisierungsprinzipien angestellt. Diese sind deshalb besonders relevant, weil nur so der individuelle Nutzer und nicht seine Beziehung zu einem einzelnen Medienangebot in den Mittelpunkt rückt.

## 2. Individualisierung von Interfaces

Grundsätzlich ist der Gedanke reizvoll, neben den Inhalten auch die Interfaces, über welche diese dargestellt und genutzt werden, zu individualisieren und somit im Interesse einer besseren User Experience auf den einzelnen Nutzer auszurichten. Mögliche Aspekte der Anpassung können ergonomischer Natur sein, wie etwa die Priorisierung häufig genutzter Interface-Elemente. Denkbar ist aber auch eine Individualisierung hinsichtlich geschmacklicher Präferenzen: Möchte der Nutzer News lieber als bildlastiges Magazin oder als reduzierte Liste angezeigt bekommen? Möchte er Produkte in einem Online-Shop primär visuell oder als übersichtliches Listing browsen?

Die Probleme bei der Einführung adaptiver Menüs in Microsoft Office (DiCarlo 2007) haben auf breiter Basis gezeigt, wie sich der Unterschied zwischen expliziter Konfigurierbarkeit (Customization) und impliziter Adaptivität (Personalisierung) bei der Individualisierung von Interfaces auswirkt: Eine ausschließlich implizite und damit für den Nutzer undurchsichtige Anpassung von Interfaces bietet ein erhebliches Irritationspotenzial und stößt gerade bei Anwendungen, die auf eine zielgerichtete Nutzung ausgelegt sind, an ihre Grenzen. Sofern ein System selbständig Anpassungen des Interfaces vornimmt, sollten diese dem Nutzer maximal als Vorschlag unterbreitet und seiner aktiven Zustimmung unterstellt werden.

Eine explizite Konfigurierbarkeit von Interfaces, die bereits seit einigen Jahren bei Feed-Aggregations-Services wie Netvibes.com oder Feedly.com Verwendung findet, vermeidet zwar eine solche Irritation, ist dabei allerdings weitaus weniger komfortabel. Auch setzt sie voraus, dass Nutzer ihre Interface-Präferenzen auch hinreichend abstrahiert reflektieren, um schließlich darauf basierende, sinnvolle Konfigurationen vornehmen zu können.

Ein weiteres wichtiges Spannungsfeld besteht zwischen Individualisierung, kategoriespezifischen Interaktionspatterns und der markenstrategischen Differenzierung von Interfaces: Soll der Online-Shop einer Modemarke in seiner Bedienung etablierten Standards gehorchen und der Erwartung der meisten Kunden entsprechen, oder sich primär an den Präferenzen individueller Nutzer ausrichten? Ist der Erfolg einer Marke nicht von einer differenzierenden Präsentation auch im Rahmen eines Online-Shops abhängig? Es wird klar, dass der Individualisierung dort Grenzen gesetzt sind, wo sie andere Anforderungen an ein Interface beeinträchtigt. Die individuelle Komponente kann bei der Interface-Konzeption daher nur als ein Faktor unter vielen betrachtet werden.

Mit der in den letzten Jahren einsetzenden Diversifizierung der für die Mediennutzung verfügbaren Hardware hat die Individualisierung von Interfaces eine zusätzliche Dimension gewonnen: Während die Nutzung web-basierter Medienangebote bis vor Kurzem mit großer Wahrscheinlichkeit am Desktop-Computer erfolgte, kommt heute mit Laptops, Sub-Notebooks, Smartphones, Tablet-PCs, Multitouch-Tische, interaktiven TV-Geräten etc. ein heterogener Hardware-Mix zum Einsatz. Daraus ergeben sich neue Darstellungsformate und unterschiedliche Eingabemodalitäten (Maus, Touchscreen etc.). Nutzer treffen somit schon bei der Wahl ihrer Hardware, gänzlich unabhängig von später rezipierten Medienangeboten, eine signifikante Interface-Entscheidung, die zumindest im idealtypischen Fall ihren Nutzungspräferenzen und dem jeweiligen Nutzungskontext am besten entspricht.

### 3. Plattformübergreifende Individualisierung

Es ist anzunehmen, dass der Nutzer in seiner Beziehung zu individualisierten, web-basierten Medienangebote selbst die größte Konstante darstellt. Die gängige Praxis, Nutzerpräferenzen jeweils unabhängig und plattformspezifisch zu speichern, schadet der Akzeptanz individualisierter Mediennutzung: Nutzer fragen sich zu Recht, warum sie bei jeder neuen Website in Hinblick auf ihre Individualisierungsoptionen „bei Null“ beginnen müssen, wenn ein Profil ihrer Präferenzen an anderer Stelle bereits hinterlegt ist. Als Antwort auf diese Problematik wurden plattformübergreifende Authentifizierungsverfahren wie z.B. OpenID konzipiert, welche deutlich an Relevanz gewonnen haben, seitdem publikumsstarke Websites wie etwa AOL, Google und Yahoo! diese Technologie unterstützen und so entscheidend zu ihrer Verbreitung beigetragen haben.

Wesentlich größeres Potential birgt nach Ansicht des Autors jedoch der Einsatz eines plattformübergreifenden Profileinsatzes, also portablen Profildaten, welche dem Nutzer eine individuellere Mediennutzung ermöglichen. Eine besondere Bedeutung kommt dabei Technologien wie Facebook Connect zu, welche die Daten des Nutzers selbst (z.B. Nutzerfotos, persönliche Informationen) um die seines sozialen Netzwerks außerhalb von Facebook ergänzen können. Bei dem Besuch eines Online-Shops werden nach Übertragung seines portablen Profils beispielsweise Kommentare angezeigt, die seine Freunde über ein bestimmtes Produkt an anderer Stelle abgegeben haben. Die Folge ist ein sehr individuell relevantes Nutzungserlebnis. Mit OpenID Connect ist eine ähnlich ausgerichtete Erweiterung von OpenID in Arbeit (Messina 2009).

Eine plattformübergreifende Individualisierung bringt eine Reihe von Vorteilen mit sich:

- Sie bietet eine komfortablere Individualisierung
- Die Datenqualität zentral verwalteter Profildaten kann kontinuierlich und von unterschiedlichen Plattformen ausgehend verbessert werden.
- Die Individualisierung einer zuvor nicht genutzten Website kann ein verblüffendes „Wow!“-Erlebnis hervorrufen.
- Eine verbesserte User Experience aufgrund der aufgeführten Vorteile steigert die Attraktivität der teilnehmenden Websites und nützt somit auch den Anbietern.

Den Vorteilen plattformübergreifender Individualisierung stehen allerdings auch eine Reihe von Gefahren und Herausforderungen gegenüber:

- Je mehr Daten über einen Nutzer gebündelt werden, desto höher sind auch die Anforderungen an Datensicherung und die Möglichkeiten des Nutzers, seine Privatsphäre aktiv zu steuern.
- Da Profildaten für Unternehmen wie Facebook oder Google ein wichtiges wirtschaftliches Asset darstellen, steht der Gedanke einer weit reichenden Interoperabilität dieser Daten der Bereitstellung von Technologien konfliktträchtig gegenüber. Unternehmensunabhängige Initiativen könnten hier möglicherweise ein höheres Vertrauen aufbauen.
- Die Implementierung der nötigen Schnittstellen muss extrem einfach gestaltet sein, damit sich eine Implementierung auch für kleinere Anbieter lohnt und die Schwelle zu einer signifikanten Verbreitung der Technologie überschritten werden kann.
- Ähnlich wie bereits in Bezug auf die Interface-Individualisierung angesprochen, verwässert eine weitgehende Individualisierung potenziell auch eine marken

adäquate Differenzierung von Medienangeboten.

#### 4. Fazit und Ausblick

Die Individualisierung von web-basierten Medienangeboten wird in den nächsten Jahren wieder an Bedeutung gewinnen. Individualisierte Interfaces werden sich allerdings auch in Zukunft nur für ausgewählte Anwendungsfälle durchsetzen. Grundlegend neue Interaktionsmöglichkeiten werden von plattformübergreifenden Individualisierungsansätzen ausgehen, wobei abzuwarten bleibt, ob es eher führenden Unternehmen, oder aber unternehmensunabhängigen Open Social Initiativen wie OpenID Connect gelingen wird, sich als zentrale Schnittstelle für plattformübergreifende Profildaten durchzusetzen. Eine vielversprechende Alternative hierzu bildet die Speicherung von Profildaten beim Nutzer selbst. Eine solche Entwicklung könnte durch die zunehmend mobile Form der Mediennutzung und die daraus resultierende, stärkere Bindung von Nutzer und Gerät begünstigt werden.

#### 5. Literatur

1. DiCarlo, J. 2007, Are Adaptive Interfaces the Answer? Im Internet verfügbar unter: [http://humanized.com/weblog/2007/03/05/are\\_adaptive\\_interfaces\\_the\\_answer/](http://humanized.com/weblog/2007/03/05/are_adaptive_interfaces_the_answer/) [8.1.2010].
2. Kittler, A. 2000, Personalisierung im World Wide Web – Grundlagen und Perspektiven nutzerorientierter Medienangebote im World Wide Web. Siegen: Universität Siegen.
3. Messina, C. 2010, OpenID Connect. Im Internet verfügbar unter:
4. URL: <http://factoryjoe.com/blog/2010/01/04/openid-connect/> [8.1.2010].
5. Singh, S. 2008, Portable Social Graphs: Imagining the Potential. Im Internet verfügbar unter: <http://www.slideshare.net/shivsingh/portable-social-graphs-imagining-their-potential-presentation?src=embed> [6.1.2010].

# Emotionalisierung in der Ergonomie – Kognitive Interdependenzen zwischen Ergonomie und Marketing

Björn WELZEL und Jonas MICHELS

*Institut für Ergonomie im Design,  
Universität Duisburg-Essen, D-45127 Essen*

**Kurzfassung:** Unsere Untersuchung hat sich mit dem Spannungsfeld zwischen Ergonomie und Marketing in zumeist deutschen Unternehmen auseinandergesetzt. Auf Grundlage der Analyse der beiden Disziplinen im Produktentwicklungsprozess haben wir Problemfelder und Überschneidungspunkte identifiziert und Möglichkeiten aufgezeigt, wie sich die häufig konvergenten Zielsetzungen miteinander verknüpfen lassen, so dass sowohl Kunden, als auch Unternehmen davon profitieren.

**Schlüsselwörter:** Ergonomie, Produktentwicklungsprozess, Design, Marketing.

## 1. Einleitung

Zu Anfang der Untersuchung wurden Unternehmen analysiert, die eine ausgeprägte Produktsprache aufweisen und ihre Unternehmensstrategie auf ergonomiebasierte Produktentwicklung ausgerichtet haben. Dabei konnte man feststellen, dass diese Unternehmen immer eine starke Vernetzung innerhalb ihrer Entwicklungsbereiche geschaffen hatten, welche alle relevanten Disziplinen frühzeitig in den Produktentwicklungsprozess (PEP) einbezogen. Die Kommunikationswege waren sehr kurz und es existierten ausreichend Feedbackschleifen, die Fehlentwicklungen frühzeitig identifizierten.

Des Weiteren wurden Marketingkampagnen untersucht, die sich Aspekte des Designs und der Ergonomie zunutze gemacht haben. Es war auffallend, dass zahlreiche Produkte zwar mit ergonomischen Features beworben wurden, diese aber in ihrer Anwendung nur einen geringen oder sogar gar keinen nachweislichen Mehrwert für den Konsumenten darstellten.

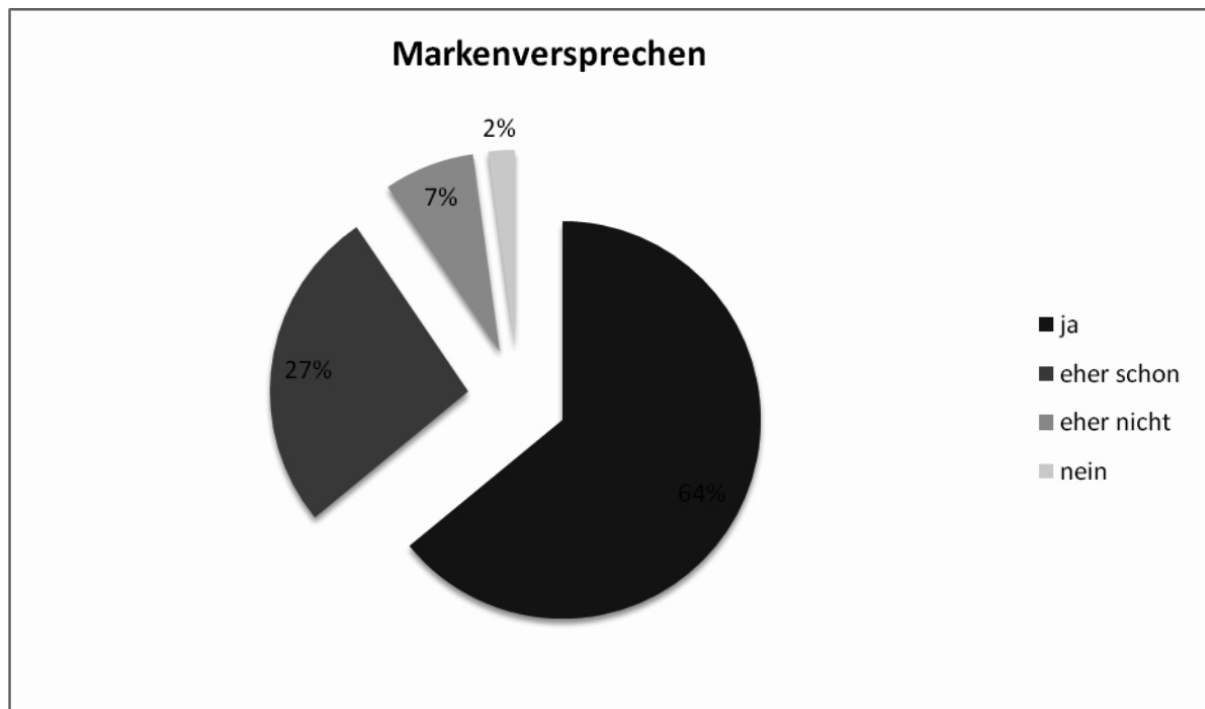
Es zeigte sich, dass in diesen Unternehmen die Disziplin Ergonomie nicht als ernsthafter Bestandteil in der Produktentwicklung verankert war, sondern dass vielmehr die Ergonomie zu Vermarktungszwecken missbraucht wurde.

## 2. Thematik

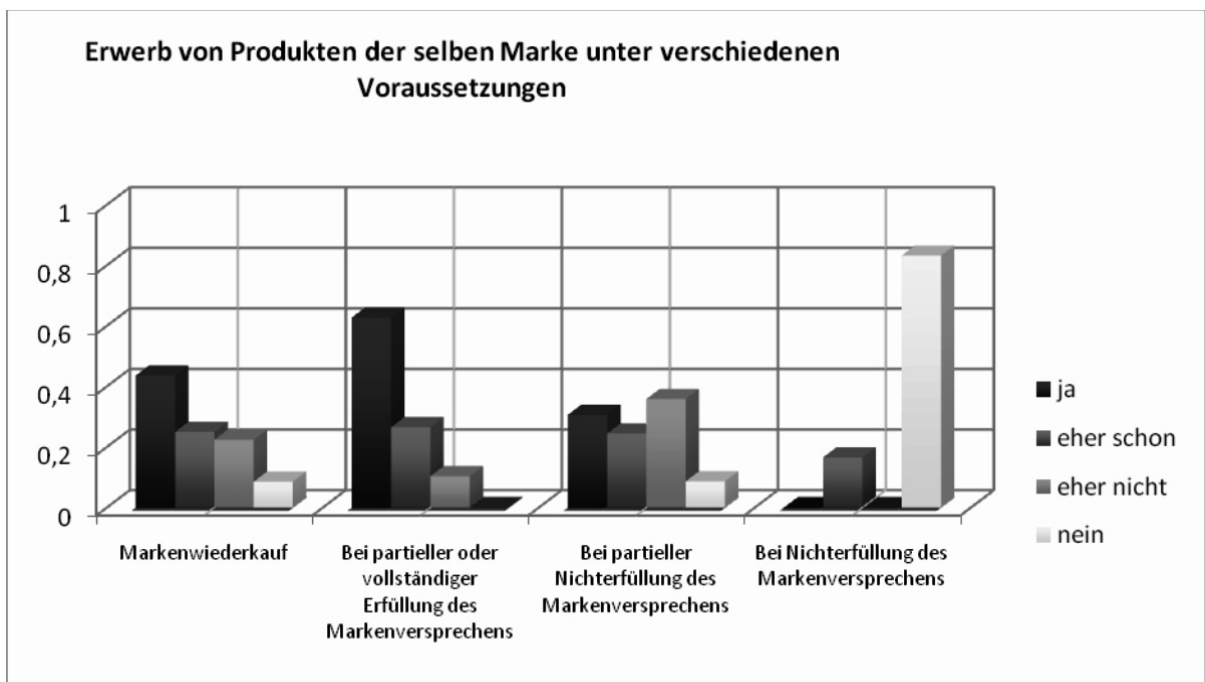
Um die Frage der Wichtigkeit ergonomie- und markenrelevanter Produktfaktoren auf die Kaufentscheidung des Kunden hin zu untersuchen, erfolgte eine empirische Forschungsstudie (vgl. Abbildung 1 und 2).

Die Ergebnisse der Konsumentenumfrage mit einer Fallzahl  $n=231$  bestätigten die These, dass ergonomierelevante Produkteigenschaften für die Kunden eine wichtige Rolle bei der Kaufentscheidung spielen. Ferner tragen Faktoren wie Bedienbarkeit, Sicherheit und Komfort nachhaltig zur Kundenzufriedenheit bei, was sich langfristig

positiv auf das Markenimage auswirkt.



**Abbildung 1:** Markenloyalität - Kundenberücksichtigung von Markenversprechen beim Kaufprozess



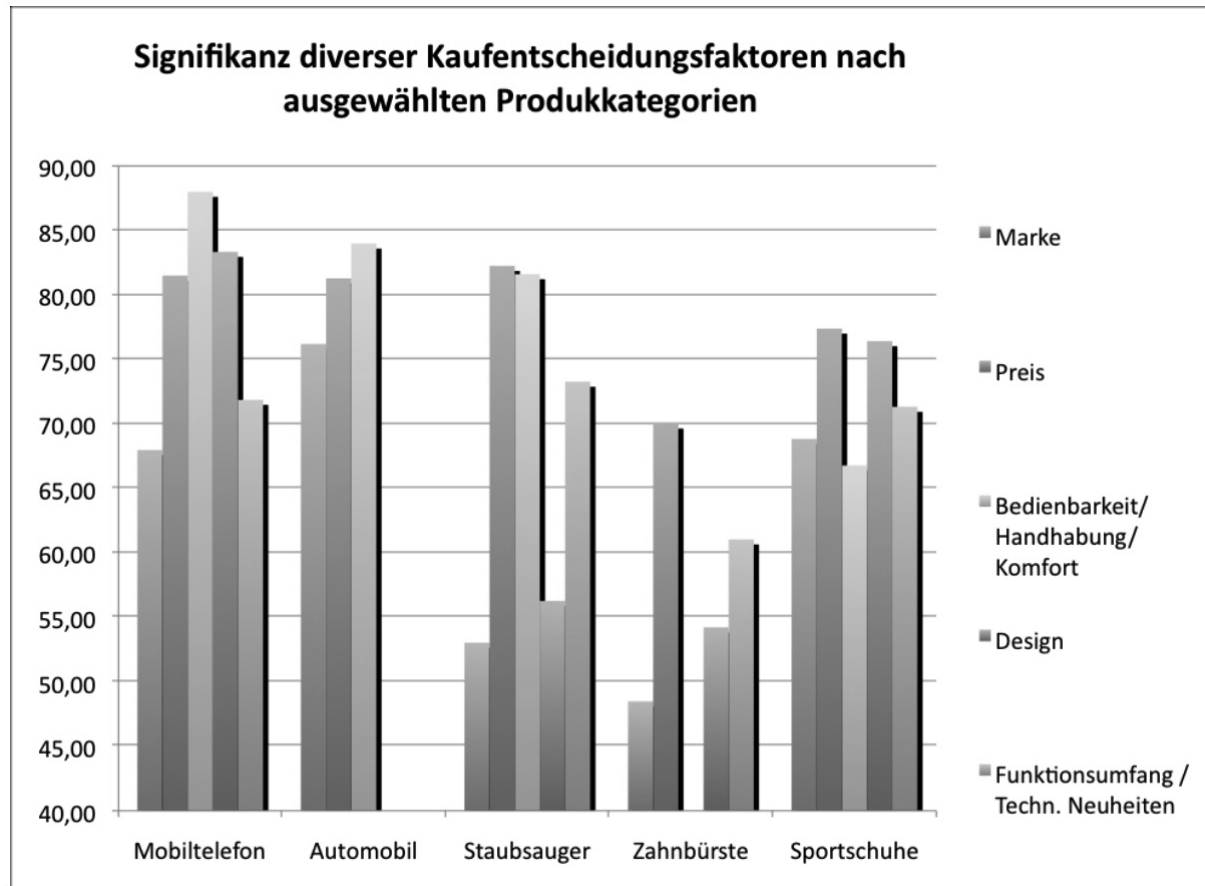
**Abbildung 2:** Markenloyalität - Nach verschiedenen Erfahrungen mit diversen Produkten

Darüber hinaus ließ sich feststellen, dass eine Vernachlässigung der Faktoren Ergonomie und Produktqualität, eklatante Folgen für die Marke und somit auch für das Unternehmen hat. Zwar sind Design, Preis und Marke über ihre Mechanismen wie Werbung die Hauptattraktoren für den Produkterwerb (vgl. Abbildung 3), jedoch muss das Produkt auch in weiterer Hinsicht den Kunden nachhaltig überzeugen.

Auffallend bei der Auswertung der einzelnen Forschungsergebnisse war, dass vor



allen Produkte mit einer technisch-funktionalen Komponente dem zunehmenden Konsumentenbedürfnis nach Qualität und Nachhaltigkeit gerecht werden müssen, während modisch orientiertere Artikel diesem Bedürfnis nur sekundär oder peripher gerecht werden müssen. Insgesamt zeigt sich also eine deutliche Sinnhaftigkeit in der Intensivierung ergonomischer Überlegungen und Maßnahmen im Produktentwicklungsprozess.



**Abbildung 3:** Kaufentscheidungsfaktoren - Ausgewählte Produktkategorien

Wie wichtig Kunden ergonomische Faktoren beim Kauf sind und wie stark sie ihre Unzufriedenheit bei einem schlecht konzipierten und gestalteten Produkt auf die Marke projizieren ist deutlich geworden. Kein Unternehmen kann es sich heute noch leisten seinen Kunden Produkte anzubieten, die nicht ergonomisch gestaltet sind. Zwar variiert der Wichtigkeitsgrad ergonomierelevanter Eigenschaften von Produkt zu Produkt, doch zeigt sich eines sehr deutlich: ein Verzicht auf diese Aspekte stellt ein klares Nicht-Kaufkriterium dar. Unternehmen sollten sich überlegen, ob sie diese Gefahr auf sich nehmen und einen dauerhaften Imageschaden riskieren.

### 3. Resümee

Für die Interdependenz zwischen ergonomiefokussierter Produktentwicklung und Marketing ergibt sich daraus, dass keine Disziplin autonom agieren kann, sondern das ein stetiges Wechselspiel und eine kontinuierliche Zusammenarbeit die primäre Zielsetzung beider Bereiche sein muss. Daher sind Unternehmen, die Design und Ergonomie als Treiber einer ganzheitlichen Unternehmensstrategie verfolgen, klar im

Vorteil gegenüber ihren Wettbewerbern, und das Vertrauen der Konsumenten gegenüber dieser Marken wird letztlich durch Markenloyalität und daraus resultierende Produktkäufe belohnt.

#### 4. Literatur

1. Wandmacher, J. 1993, Software-Ergonomie. Berlin: Gruyter.
2. Herczeg, M. 1994, Software-Ergonomie: Grundlagen der Mensch-Computer-Kommunikation. Bonn: Oldenbourg.
3. Schneider, W. 2008 Ergonomische Anforderungen für Bürotätigkeiten mit Bildschirmgeräten, Grundsätze der Dialoggestaltung. Berlin: Beuth.
4. Hettinger, T., Kaminsky, G. & Schmale, H. 1976, Ergonomie am Arbeitsplatz - Daten zur menschengerechten Gestaltung der Arbeit. Ludwigshafen: Kiehl.
5. Landau, K. 2003, Good Practice: Ergonomie und Arbeitsgestaltung. Stuttgart: Ergonomia.
6. Bruder, R. 2004, Ergonomie und Design. Stuttgart: Ergonomia.
7. Balzert, H. 2004, Webdesign& Web-Ergonomie: Websites professionell gestalten. Dortmund: W3L.
8. Kurz, B. & Weber, F. 2001, Betriebsstättenplanung und Ergonomie. München: Hanser.
9. Landau, K. & Luczak, H. 2001, Ergonomie und Organisation in der Montage. München: Hanser.
10. Förster, G., Geisler, G. & Gerlach, G. 1983, Ergonomie - Ein Schwerpunkt praktizierter Mitbestimmung. Bonn: Bund.
11. Laurig, W. 1992, Grundzüge der Ergonomie - Erkenntnisse und Prinzipien. Berlin: Beuth.
12. Englisch, J. 1993, Ergonomie von Softwareprodukten - Methodische Entwicklung von Softwareprodukten. Mannheim: Wissenschaftsverlag.
13. Machate, J. & Burmester, M. 2004, User Interface Tuning - Benutzungsschnittstellen menschlich gestalten. Frankfurt am Main: Software & Support Verlag.
14. Bullinger, H.J. 1994, Ergonomie – Produkt- und Arbeitsplatzgestaltung. Stuttgart: Teubner.
15. Blaha, F. 2001, Trends der Bildschirmarbeit, Ein Handbuch über Recht, Gesundheit und Ergonomie in der Praxis. Wien: Springer.
16. Neumeier, M. 2006, The Brand Gap. How to bridge the distance between business strategy and design. Berkeley: Aiga.

# Müssen Arbeitsplätze schön sein? – Zum Einfluss von Raumästhetik auf das Wohlbefinden

Uwe RÖTHER

*IBIT Institut, Fachhochschule Erfurt,  
Altonaer Str. 25, D-99085 Erfurt*

**Kurzfassung:** Der vorliegende Beitrag untersucht den Zusammenhang zwischen der ästhetischen Gestaltung von Arbeitsräumen und dem Wohlbefinden der im Raum tätigen Personen – eine Fragestellung die im neuen Forschungsfeld der Hedonomie, als Ergänzung zur Ergonomie, angesiedelt sind. Es werden eine Fragebogen-Studie und ein Experiment vorgestellt, die einen positiven Zusammenhang zwischen Ästhetik und Wohlbefinden aufzeigen.

**Schlüsselwörter:** Arbeitsumwelt, Büro, Raumästhetik, Wohlbefinden.

## 1. Einleitung

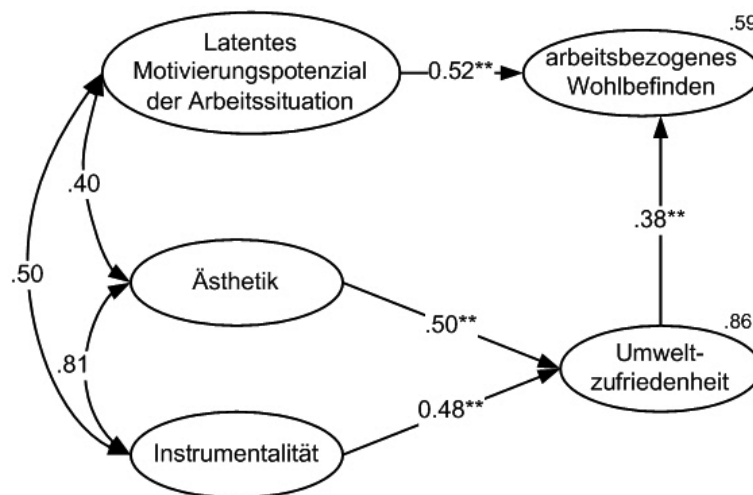
Es liegt eine breite Forschung zum Einfluss des Arbeitsraumes auf den in ihm tätigen Menschen vor, jedoch betrachtet sie vorrangig ergonomische Kriterien. Erst mit der Erweiterung der Ergonomie um Aspekte der Emotion im Rahmen von hedonomischen Theorien rücken auch andere Aspekte der Umwelt in den Fokus der Forschung. So bezeichnen Hancock et al. (2005), das neue Forschungsgebiet, in Abgrenzung zur Ergonomie, als „Hedonomie“ (Hedonomics) und definieren es als „the branch of science which facilitates the pleasant or enjoyable aspects of human-technology interaction“ (Hancock et al. 2005, S. 8). Während die klassische Ergonomie die Vorbeugung von negativen physiologischen Auswirkungen der Arbeit verfolgt, soll mittels der Hedonomie die Befriedigung von psychologischen Bedürfnissen wie Freude und Vergnügen bei der Arbeit gewährleistet werden - dies sind zwei Seiten einer Medaille (Hancock et al. 2005.). Grundsätzlich wird davon ausgegangen, dass die ergonomischen und hedonomischen Bedürfnisse hierarchisch aufeinander aufbauen (Hancock et al. 2005). In der Literatur lassen sich bisher zur hedonomischen Gestaltung der räumlich-baulichen Umwelt, mit der Raumästhetik als Emotionen beeinflussendem Umweltmerkmal (Allesch 2006; Vilnai-Yavetz et al. 2005), keine expliziten Aussagen finden — an diesem Punkt setzten die vorgestellten Untersuchungen an.

## 2. Studie 1 – Zusammenhang von Umweltbeurteilung und Wohlbefinden

### 2.1 Methode der Studie 1

Die erste Studie vergleicht den Zusammenhang von Tätigkeitsmerkmalen und Umweltmerkmalen einerseits und dem Wohlbefinden andererseits. Ziel war es, die jeweiligen spezifischen Anteile von Tätigkeit und Umwelt am Wohlbefinden zu ermitteln und so die Notwendigkeit einer ästhetischen Umweltgestaltung zu überprüfen. Die Konzeption der Untersuchung basiert auf dem Rahmenmodell von Marans & Spreckelmeyer (1982), dass die Wahrnehmung und Beurteilung der Arbeitstätigkeit

und Arbeitsumwelt mit der Zufriedenheit mit der Arbeit und Umwelt andererseits in Beziehung setzt. Die erste Studie wurde als Online-Befragung realisiert. In ihr wurde die Wahrnehmung und Beurteilung der Tätigkeitsmerkmale über den „Job Diagnostic Survey“ (JDS, Schmidt & Kleinbeck 1999) operationalisiert, der als Ergebnis das „Latente Motivierungspotenzial der Arbeitssituation“ beziffert. Die Wahrnehmung und Beurteilung der Umweltmerkmale wurde mit einer Übersetzung des von Vilnai-Yavetz et al. (2005) entwickelten Fragebogens zur Erfassung dreier, voneinander unabhängiger Beurteilungsdimensionen von Büroumwelten (Ästhetik, Instrumentalität, Symbolismus) erhoben. Das Wohlbefinden wurde über verschiedene Facetten erhoben. Zum einen wurde das arbeitsbezogene Wohlbefinden durch die Arbeitszufriedenheitsskala des JDS, die Skala zum Organisationscommitment von Kil et al. (2000) sowie die Skala zum Tätigkeitscommitment von Felfe et al. (2002) operationalisiert. Zum anderen wurde das umweltbezogene Wohlbefinden mit einer an Walden (1998) angelehnten Skala zur Umweltzufriedenheit erfasst. Das in Abbildung 1 dargestellte Strukturmodell basiert auf den Daten der N=561 Teilnehmer der Befragung, die mittels Strukturgleichungsanalyse ausgewertet wurden.



**Abbildung 1:** Strukturmodell der Studie zum Zusammenhang von Umweltbeurteilung und Wohlbefinden ( $\chi^2(747)=1976.15$  ( $p=0.00$ ); RMSEA=0.05, CFI=0.93, TLI=0.92; AIC=2286.15; N=561; \*  $p<0.05$ ; \*\*  $p<0.01$ .)

## 2.2 Ergebnisse der Studie 1

Die Ergebnisse in Abbildung 1 zeigen erstens, dass die Raumästhetik einen vergleichbar hohen Einfluss auf das umweltbezogene Wohlbefinden hat, wie die Instrumentalität des Büros, definiert als die Funktionalität eines Büros und dem Ausmaß, wie sehr es die Tätigkeit befördert oder behindert (vgl. Vilnai-Yavetz et al. 2005). Dieser Befund unterstreicht die Wichtigkeit der aktuellen hedonomischen Forschungen, die insbesondere die Prinzipien und Wirkung von Ästhetik betrachten. Zweitens wird deutlich, dass der Zusammenhang zwischen der Umweltzufriedenheit und dem arbeitsbezogenen Wohlbefinden (naturgemäß) zwar geringer ist, als der Zusammenhang zwischen der Bewertung der Tätigkeitsmerkmale und dem arbeitsbezogenen Wohlbefinden. Nichtsdestotrotz ist der Zusammenhang zwischen den beiden Facetten des Wohlbefindens hoch signifikant – eine gezielte ästhetische Gestaltung der Arbeitsumwelt, die über rein funktionale Aspekte hinaus geht, scheint zur Steigerung der Umweltzufriedenheit und damit der Erhöhung des Wohlbefindens beizutragen. Einem möglichen kausalen Zusammenhang soll mittels der zweiten Studie nachge

gangen werden.

### 3. Studie 2 – Einfluss von objektiven Umweltmerkmalen auf Wohlbefinden

#### 3.1 Methode der Studie 2

Die zweite Studie versucht, neben dem kausalen Zusammenhang von Ästhetik und Wohlbefinden, auch der von Hancock et al. (2005) postulierten hierarchischen Beziehung von ergonomischen und hedonomischen Merkmalen auf den Grund zu gehen. Dafür wurde ein ergonomisches Raummerkmal (Raumklima) mit einem hedonomischen Raummerkmal (Raumästhetik) in einem 2×2-Design variiert und die Umweltzufriedenheit, als spezifisches Wohlbefinden, sowie die Arbeitsleistung bei einfachen Bürotätigkeiten erhoben. Für das Experiment wurden zwei Laborräume unterschiedlich gestaltet umso die unabhängige Variable Raumästhetik zu operationalisieren. Bei gleichen ergonomischen Parametern wurden für die Bedingung „Ästhetik Hoch“ in einem großen Raum eine seidenmatte, gelbe Wandfarbe, Grünpflanzen, hochwertige Möbel und Raumassecoires (Bilder, Kunstkalender) verwendet. Für die Bedingung „Ästhetik Niedrig“ wurde, bei gleicher Funktionalität, eine kontrastive Raumgestaltung vorgenommen. Es wurde ein kleiner, schmaler Raum gewählt, der als Wandmaterial unverputzten Sichtbeton hatte. An dieser Wand wurden keine Elemente angebracht, ebenso wurden in diesem Raum keine Zimmerpflanzen verwendet. Die auf einem gleich gestalteten Arbeitsplatz positionierte Schreibtischlampe hatte, bei gleicher Leuchtkraft, eine deutlich minderwertige Anmutung. Für die Variation der Klimabedingung wurde in der ungünstigen Klimabedingung das Raumklima mittels Klimatisierung so reguliert, dass sich höchstens 30 % der Probanden wohlfühlen sollten (PPD, DIN 7730) und der Wert der Raumtemperatur unter der kritischen (Komfort-) Grenze von 20°C lag, unterhalb der keine autonome Thermoregulation mehr möglich ist (Griefahn 1997; Ramsey 1995). In Abhängigkeit von der sommerlichen Außentemperatur schwankte die Raumtemperatur in der ungünstigen Klimabedingung um einen Wert von 19°C – in der günstigen Klimabedingung um einen Wert von 23°C. Die beiden unabhängigen Variablen zeigten sich in durchgeführten Manipulation-Checks als hinreichend konstrativ gestaltet. Die Bekleidung der 80 Versuchspersonen und ihre körperliche Aktivität wurde konstant gehalten und die Raumfolge (Ästhetik-Bedingung) bei gleicher Klimabedingung je Person zufällig variiert. Als abhängige Variable wurde zur Operationalisierung des Wohlbefindens die bereits eingesetzte Skala zur Umweltzufriedenheit in leicht abgewandelter Form eingesetzt. Die Arbeitsleistung wurde über die standardisierte Arbeitsprobe AZUBI-BK (Schuler & Klingner 2005) erhoben, die aus mehreren unterschiedlichen Büroaufgaben bestand (Rechnen, Fehlertext, Informationen merken).

#### 3.2 Ergebnisse der Studie 2

Im Experiment ist bezüglich des umweltbezogenen Wohlbefindens ein Haupteffekt von Ästhetik auf Umweltzufriedenheit, unabhängig vom Klima, nachweisbar ( $F(1, 76) = 24.00$ ,  $p = 0.00$ ). Unter den gewählten Rahmenbedingungen zeigt sich zwar kein genereller Haupteffekt des Klimas auf die Umweltzufriedenheit, jedoch eine Interaktion des Faktors Klima mit den Faktor Geschlecht ( $F(1, 76) = 3.88$ ,  $p = 0.05$ ) – so bewerten die Geschlechter die Umweltzufriedenheit unter verschiedenen Klimabedingungen unterschiedlich. Auch die zugrunde liegende Annahme bezüglich der hierar-



chischen Beziehung von Raumklima und Raumästhetik lässt sich durch das Experiment nicht bestätigen. Es zeigte sich, entgegen der Annahme, kein genereller Haupteffekt des Klimas auf die Ästhetikbeurteilung. Schließlich zeigt die Auswertung, dass sich die objektive Arbeitsleistung zumindest bei den einfachen Bürotätigkeiten des Experiments nicht aufgrund der variierten Bedingungen (Klima, Ästhetik) verändert, obwohl es Geschlechtsunterschiede gab – Frauen ließen sich vom Raumklima in ihrer Arbeitsleistung weniger beeinflussen als Männer (Interaktion Klima und Geschlecht  $F(1, 76) = 4.43$ ,  $p = 0.04$ ).

#### 4. Zusammenfassung

Um die Titel des Beitrags aufzugreifen: Ja, Arbeitsplätze sollten schön gestaltet sein, da so das Wohlbefinden der in ihnen arbeitenden Menschen gesteigert werden kann. Dies konnte in den zwei dargestellten Untersuchungen gezeigt werden. Obwohl die Ästhetik anscheinend keinen Einfluss auf die Arbeitsleistung bei einfachen Tätigkeiten hat, sollten zukünftige hedonomische Forschungen dieser Frage aber bezüglich kreativer Tätigkeiten nachgehen – Forschungen lassen vermuten, dass durchaus ein Einfluss von Raumästhetik auf Arbeitsergebnisse kurz- wie langfristig zu verzeichnen ist (Maslow & Mintz 1972). Schließlich sollte zukünftig auch geklärt werden, was interindividuell-invariante Faktoren von schönen Räumen sind, damit sie so, ähnlich ergonomischen Faktoren, nachprüf- und gezielt umsetzbar werden.

#### 5. Literatur

1. Allesch, C.G. 2006, Einführung in die psychologische Ästhetik (2773). Wien: WUV.
2. Felfe, J., Six, B. & Schmook, R. 2002, Fragebogen zur Erfassung von affektivem, kalkulatorischem und normativem Commitment gegenüber der Organisation, dem Beruf/der Tätigkeit und der Beschäftigungsform (COBB). In: A. Glöckner-Rist (Hrsg.), ZUMA-Informationssystem. Elektronisches Handbuch sozialwissenschaftlicher Erhebungsinstrumente. Mannheim: ZUMA.
3. Griefahn, B. 1997, Temperaturempfindung. In: H. Luczak & W. Volpert (Hrsg.), Handbuch Arbeitswissenschaft. Stuttgart: Schäffer-Poeschel, S. 418-422.
4. Hancock, P.A., Pepe, A.A. & Murphy, L.L. 2005, Hedonomics: The power of positive and pleasurable ergonomics, *Ergonomics in Design*, 13, 8-14.
5. Kil, M., Leffelsend, S. & Metz-Göckel, H. 2000, Zum Einsatz einer revidierten und erweiterten Fassung des Job Diagnostic Survey im Dienstleistungs- und Verwaltungssektor, *Zeitschrift für Arbeits- und Organisationspsychologie*, 44, 115-128.
6. Marans, R.W. & Spreckelmeyer, K.F. 1982, Evaluating open and conventional office design, *Environment and Behavior*, 14, 333-351.
7. Maslow, A.H. & Mintz, N.L. 1972, Effects of Esthetic Surroundings: 1. Initial Short-Term Effects of Three Esthetic Conditions upon Perceiving 'Energy' and 'Well-Being' in Faces. In: R. Gutman (Hrsg.), *People and Buildings*. New York: Basic Books, S. 212-219.
8. Ramsey, J.D. 1995, Task performance in heat: a review, *Ergonomics*, 38, 154-165.
9. Schmidt, K. & Kleinbeck, U. 1999, Der Job Diagnostic Survey (JDS - deutsche Fassung). In: H. Dunckel (Hrsg.), *Handbuch psychologischer Arbeitsanalyseverfahren*. Zürich: vdf Hochschulverlag, S. 205-231.
10. Schuler, H. & Klingner, Y. 2005, Arbeitsprobe zur berufsbezogenen Intelligenz: AZUBI-BK. Göttingen: Hogrefe.
11. Vilnai-Yavetz, I., Rafaeli, A. & Schneider-Yaacov, C. 2005, Instrumentality, Aesthetics, and Symbolism of Office Design, *Environment and Behavior*, 37, 533-551.
12. Walden, R. 1998, Wohnzufriedenheit, Wohlbefinden und Wohnqualität. In: F. Dieckmann, A. Flade, R. Schuemer, G. Ströhlein & R. Walden (Hrsg.), *Psychologie und gebaute Umwelt - Konzepte, Methoden, Anwendungsbeispiele*. Darmstadt: Institut für Wohnen und Umwelt, S. 75-113.



# Leistungserhaltung auf trittelastischen Bodenmatten?

Michaela HÖGLINGER

*fiot- Forschungsinstitut für Orthopädietechnik,  
Geigergasse 5-9, A-1050 Wien*

**Kurzfassung:** Elastische Bodenmatten werden in Industriebetrieben zur Verminderung muskulärer Ermüdungserscheinungen und Reduzierung der Belastungen des Muskel- und Skelettapparates bei lang andauernder Steharbeit eingesetzt. Ziel dieser Untersuchung war, im Rahmen der ergonomischen Arbeitsplatzgestaltung und unter dem Aspekt der Arbeitssicherheit die Wirkung ergonomischer Bodenmatten hinsichtlich subjektiver, physiologischer und biomechanischer Parameter im Kurzzeiteffekt anhand einer Felduntersuchung zu prüfen. 89 Probanden wurden in Zusammenarbeit mit der Auva aus sieben Industriebetrieben rekrutiert und untersucht. An je zwei Tagen wurde direkt vor Ort zu Schichtbeginn und nach einer Dauer von 6 Stunden zu Schichtende untersucht. Am ersten Tag verrichteten die Testpersonen die gewohnte Arbeitstätigkeit auf der Matte, am zweiten Tag wurde die Matte vom Arbeitsplatz entfernt. Der Wadenumfang, die Schwankung des Körperschwerpunkts (IBS Tetrax), die Aktivität des m. gastrocnemius medialis und lateralis (amplituden- und frequenzabhängige Analyseparameter im EMG), sowie die subjektiv wahrgenommene Wirkung der Bodenmatte wurden jeweils zu Beginn und am Ende des Arbeitstages erhoben. Die mehrstündige Steharbeit am Boden ohne Matte zeigte eine signifikante Zunahme des Wadenumfanges sowie eine signifikante Frequenzabnahme im m. gastrocn. lateralis. Die Körperschwankung am Ende des Messtages mit Matte war signifikant geringer als am Tag ohne Matte. Aus der Befragung ging hervor, dass ein subjektiv höheres Wohlbefinden beim Ausführen der Arbeitstätigkeit durch das Stehen auf der Matte empfunden wurde.

**Schlüsselwörter:** ergonomische Arbeitsplatzgestaltung, Bodenmatten, Ermüdung, Beinmuskulatur.

## 1. Einleitung

Europäischen Studien zufolge erfordert ein Drittel bis die Hälfte aller Arbeitsplätze eine Stehleistung von mehr als 4 Stunden täglich. Allein in Deutschland fühlt sich jeder siebente der rund 40 Millionen Beschäftigten durch die Arbeit im Stehen belastet (LASI 2009). Die vorwiegend statische Muskelarbeit führt durch andauernde Einwirkung von Druck, Dehnung und Reibung zu übermäßigen Belastungen des Muskel- und Skelettapparates. Mit der Verwendung ergonomischer Arbeitsplatzmatten wird versucht, durch ständige Bewegungsreize auf die Muskulatur, den negativen, gesundheitlichen Folgen langer Stehdauer entgegenzuwirken, auftretenden Ermüdungserscheinungen vorzubeugen und somit positiv auf die Unfallprophylaxe – speziell im Arbeitsalltag – Einfluss zu nehmen.

Bisherige Untersuchungen zur Wirkung elastischer Bodenmatten auf die subjektive Befindlichkeit zeigten durchwegs positive Ergebnisse (Redfern & Chaffin 1995;

King 2002; Madeleine et al. 2000). Studien zu physiologischen und biomechanischen Parametern wie Körperschwankung, Veränderungen des Wadenumfangs und des Fußvolumens sowie elektromyographische Messungen kommen zu unterschiedlichen Ergebnissen (Hansen et al. 1997; Madeleine et al. 2000; Kirchberg et al. 2001). Ein Blick auf die vorliegenden Forschungsergebnisse macht deutlich, dass ein Großteil der Studien in Labors unter standardisierten Bedingungen mit einer meist geringen Probandenzahl von bis zu 25 Personen und geringen Stehdauer von circa 2 Stunden durchgeführt wurde.

Ziel dieser Studie war, die Auswirkungen der elastischen Bodenmatten auf die Ermüdung und den Schwellungszustand der Beinmuskulatur, die Körperschwankung und die subjektive Befindlichkeit bei einem großen Probandenkollektiv in Form einer Felduntersuchung in Industriebetrieben, in denen die Arbeit ausschließlich im Stehen verrichtet wird, zu untersuchen. Die Ergebnisse liefern Erkenntnisse in Zusammenhang mit den Auswirkungen präventiv gesetzter, ergonomischer Maßnahmen bei Steharbeitsplätzen.

## **2. Methode**

89 Probanden, davon 44 Männer und 45 Frauen (Durchschnittsalter  $41 \pm 8$  Jahre, Durchschnittsgewicht  $84 \pm 17$  kg) wurden aus sieben österreichischen Industriebetrieben rekrutiert. Die Betriebsauswahl erfolgte in Zusammenarbeit mit der Auva, der allgemeinen Unfallversicherung. Voraussetzung für eine Studienteilnahme war, die gewohnte Arbeitstätigkeit im Stehen über eine Dauer von mindestens 6 Stunden zu verrichten.

### *2.1 Experimentelles Design*

Pro Proband wurden je zwei Untersuchungstage festgelegt. Am ersten Tag wurde die gewohnte Tätigkeit während des Stehens auf der Matte ausgeführt, am zweiten Tag der Untersuchung wurde die Matte entfernt. Die Untersuchung der Probanden erfolgte jeweils zu Arbeitsbeginn und zu Arbeitsende, nach mindestens 6 Stunden Stehzeit. Für die Durchführung der Messungen wurden pro Tag vier Probanden aus dem laufenden Produktionsbetrieb entnommen.

### *2.2 Messmittel und Methoden*

Der Wadenumfang wurde mit einem Umfangmaßband bei 70% der Höhe der Auflagefläche des Fußes und des Fibulaköpfchens zu Arbeitsbeginn und Arbeitsende an beiden Messtagen erhoben. Die prozentuelle Änderung des Wadenumfanges in Bezug zum Anfangsumfang wurde ermittelt. Das posturographische Messsystem Tetrax wurde zur Erfassung der Körperschwankung herangezogen. Mit einer Abtastfrequenz von 32 Hz wird von 4 Wägezellen über die Belastung der Fersen und Ballen des linken und rechten Beines der Verlauf des Körperschwerpunkts bestimmt. Der Proband stand möglichst ruhig und aufrecht mit geschlossenen Augen auf der Messplattform. Die Messdauer betrug 32 Sekunden.

Die bipolare Ableitung der myoelektrischen Signale erfolgte am m. gastrocnemius medialis und lateralis parallel zur Muskelfaser unter Verwendung der Einwegelektroden Blue Sensor P (Ambu) und des Signalverstärkers Myotrace 400 (1000Hz, Noraxon INC.). Die Testperson positionierte sich auf einem vom fiot entwickelten Test-

stand, um die Wadenmuskulatur in einen isometrischen, submaximalen Kontraktionszustand zu bringen. Über eine Kontraktionsdauer von 45 sec. wurden der Regressionskoeffizient der Median-Frequenz sowie des Root Mean Square (RMS) als Analyseparameter herangezogen.

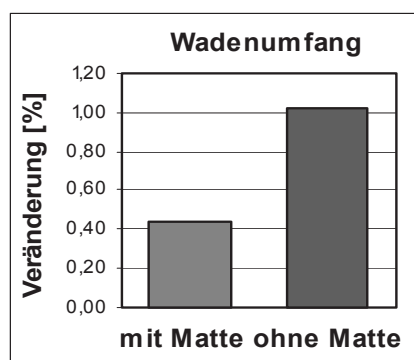


**Abbildung 1:** Teststand für die elektromyographische Messung des *m. gastrocn. medialis* und *lateralis*

Bei der Befragung jeweils am Ende des Arbeitstages wurden von den Probanden die subjektive Einschätzung des Wohlbefindens bzw. Auswirkungen auf den Gesundheitszustand anhand einer mehrstufigen Zahlenskala beurteilt. Ein Betrieb beteiligte sich nicht an der Befragung, d.h. das Gesamtkollektiv betrug 59 Personen.

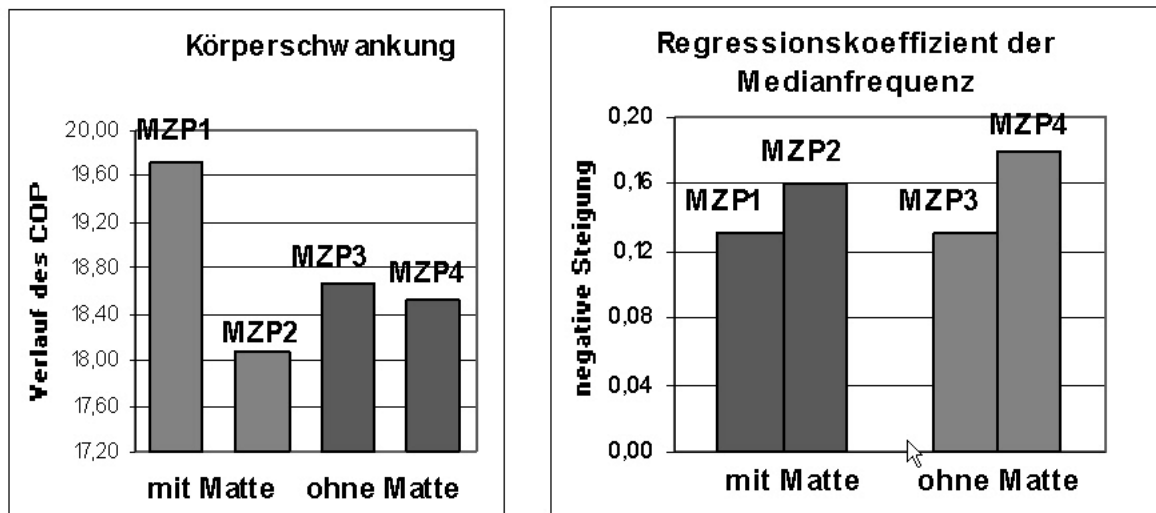
### 3. Ergebnisse

Die Unterschiedsprüfung erfolgte mit dem T-Test für Paardifferenzen auf 95% Signifikanzniveau. Der Wadenumfang vergrößerte sich nach sechs Stunden Stehzeit ohne Bodenmatte signifikant um 1,02% in Bezug zum Umfang vor der Stehzeit. Unter Verwendung der trittelastischen Bodenmatte nahm der Wadenumfang im gleichen Zeitraum um 0,44% zu.



**Abbildung 2:** Die prozentuelle Änderung des Wadenumfanges nach einer Dauer von 6 Stunden am Messtag mit Bodenmatte und am Messtag ohne Bodenmatte

Die Körperschwankung war am Beginn des Arbeitstages mit Matte (MZP1= 19,71) signifikant größer als am Ende des Tages (MZP2= 18,07;  $p= 0,005$ ). Am Tag ohne Matte zeigte sich kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Messzeitpunkten (MZP3= 18,68; MZP4= 18,53;  $p= 0,766$ ). Im EMG des *m. gastrocn. lateralis* zeigte der Regressionskoeffizient am Tag mit Matte keine signifikanten Unterschiede (MZP1= -0,13, MZP2= -0,16;  $p= 0,126$ ). Hingegen am Tag ohne Bodenmatte war die Änderung des Regressionskoeffizienten signifikant (MZP3= -0,13; MZP4= -0,18;  $p= 0,041$ ). Im *m. gastrocn. medialis*, sowie im RMS zeigten sich an keinem der beiden Tage signifikante Änderungen



**Abbildung 3:** Die linke Grafik zeigt die Körperschwankung (COP) zu den vier Messzeitpunkten (MZIP); die rechte Grafik zeigt die Höhe des Regressionskoeffizienten als Ermüdungsindex des EMGs

Aus der Befragung ging hervor, dass speziell im Bereich der Füße und Fußsohlen ein signifikant geringeres Unbehagen durch das Stehen auf der Bodenmatte empfunden wurde ( $p = 0,000$ ). 63% der Befragten bevorzugten das Arbeiten auf der Bodenmatte, 27% lehnten das Arbeiten auf der Matte ab. 75% waren der Meinung, dass sich die Matte positiv auf die Gesundheit auswirke, wo hingegen 24% vom Gegenteil überzeugt waren.

Zusammengefasst bescheinigen die angewendeten Methoden eine positive gesundheitliche Wirkung der ergonomischen Bodenmatten. Die signifikant geringere Zunahme des Wadenumfangs sowie der signifikant steilere Abfall des Regressionskoeffizienten weisen einen Einfluss der Bodenmatten auf die Beinmuskulatur nach. Die Befragung zeigte eine signifikant positive Auswirkung auf das subjektive Wohlbefinden (vgl. Madeleine et al. 2000). Bei der Körperschwankung ist ein Lerneffekt nicht auszuschließen, daher werden trotz der vorliegenden, signifikanten Ergebnisse weitere Untersuchungen angestrebt.

#### 4. Literatur

1. Hansen, L., Winkel, J. & Jorgensen, K. 1997, Significance of mat and shoe softness during prolonged work in upright position: based on measurements of low back muscle EMG, foot volume changes, discomfort and ground force reaction, *Applied Ergonomics*, 29, 217-224.
2. King, P.M. 2002, A comparison of the effects of floor mats and shoe in-soles on standing fatigue, *Applied Ergonomics*, 33, 477-484.
3. Kirchberg, S., Kittelmann, M. & Rehyl, H. 2001, Beurteilung elastischer Bodenbeläge an Steharbeitsplätzen, Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin. Dortmund: Wirtschaftsverlag NW, S. 62-65.
4. Madeleine, P., Voigt, M. & L. Arendt- Neilsen. 2000, Subjective, physiological and biomedical responses to prolonged manual work performed standing on hard and soft surfaces, *European Journal of Applied Physiology*, 77, 1-9.
5. Redfern, M.S. & Chaffin, D.B. 1995, Influence of Flooring on Standing Fatigue, *Human Factors and Ergonomics Society*, 37, 570-581.
6. Länderausschuss für Arbeitsschutz und Sicherheitstechnik - LASI 2009, Bewegungsergonomische Gestaltung von andauernder Steharbeit, S. 6-10.

## **Berücksichtigung des Arbeitsplatzbedarfs für einsatzkritische leistungsgewandelte Mitarbeiter im Planungsprozess**

Thomas BOGUS und Rudolf DORN

*AUDI AG, Industrial Engineering und Produktionssysteme,  
D-85045 Ingolstadt*

**Kurzfassung:** Produktivitätsanforderungen verbunden mit dem demografischen Wandel erfordern einen adäquaten Einsatz von leistungsgewandelten Mitarbeitern in der Produktion. Hierzu wurde bei der AUDI AG eine Methodik entwickelt, die den langfristigen Bedarf an Arbeitsplätzen für diese spezielle Mitarbeitergruppe quantifiziert und eine frühzeitige und somit kostenoptimale Berücksichtigung im Planungsprozess ermöglicht.

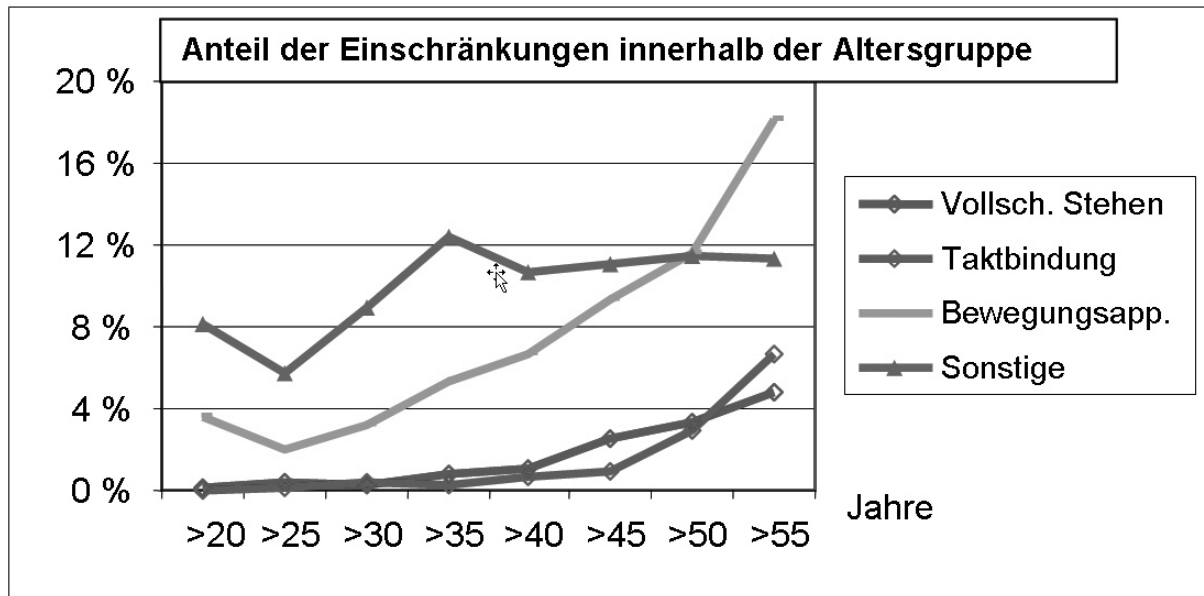
**Schlüsselwörter:** Leistungsgewandelte Mitarbeiter (LGW), Spezielle Arbeitsplatzgestaltung, Planungsprozess.

### **1. Herausforderungen für die Spezielle Arbeitsplatzgestaltung**

Im Zuge gestiegener Produktivitätsanforderungen sowie des demografischen Wandels gewinnt einerseits die Ergonomieverbesserung in der Produktion zunehmend an Bedeutung. Andererseits gilt es auch, sogenannte leistungsgewandelte Mitarbeiter mit einsatzkritischen Einschränkungen (eLGW) ohne Leistungsverluste einzusetzen. In diese Gruppe gehören Mitarbeiter, die einen Sitzarbeitsplatz benötigen oder nicht in Taktbindung arbeiten können. Die Bereitstellung einer ausreichenden Anzahl solcher Arbeitsplätze - sowohl in quantitativer als auch qualitativer Hinsicht - stellt hierbei unter Gesichtspunkten der Produktivitätssteigerung und Investitionsrestriktion eine große Herausforderung dar. Neben den umfangreichen Maßnahmen zur Ergonomieverbesserung (Bogus & Dorn 2008) wurde bei der AUDI AG eine Methodik für die Berücksichtigung der Arbeitsplatzbedarfe für einsatzkritische Leistungsgewandelte entwickelt.

Die für Mitarbeiter mit einsatzkritischen Einschränkungen geeigneten Arbeitsplätze (also: keine Taktbindung und/oder Sitzarbeitsplatz) werden als Spezielle Arbeitsplätze bezeichnet. Im Zuge der Umsetzung moderner Produktionssysteme mit Prinzipien wie Kundentakt oder one-piece-flow, ist auch in Deutschland insgesamt eine Verringerung von z.B. nicht taktgebundenen Arbeitsplätzen zu beobachten. Folglich ist eine exakte Bedarfsbestimmung und somit die genaue Kenntnis der Fähigkeiten der Belegschaft sowie deren prognostizierte Veränderung im Planungshorizont von enormer Wichtigkeit.

Einsatzkritische Leistungseinschränkungen liegen überwiegend in der Altersgruppe der über 45-jährigen Mitarbeiter vor. Der Anteil liegt in dieser Altersgruppe sogar um das acht- bis zehnfache höher als in jüngeren Gruppen (vgl. Abbildung 1). Dies hat in den nächsten Jahren eine Zunahme der eLGW zwischen 50 und 75 % zur Folge.



**Abbildung 1:** Altersverteilung einsatzkritischer Leistungswandlungen

## 2. Berechnung des Arbeitsplatzbedarfs

Durch die quantitative Prognose des Bedarfes an Arbeitsplätzen für eLGW wird angestrebt, dass in den einzelnen Organisationseinheiten das entsprechende Arbeitsplatzangebot zur Verfügung steht und so über alle Gewerke ein ausgewogener Personaleinsatz für einsatzkritische Leistungsgewandelte möglich ist. Die Berücksichtigung im Planungsprozess stellt sicher, dass den jeweiligen Fertigungsplanungen die erforderliche Vorlaufzeit zur Ausplanung zur Verfügung steht und Entscheidungen – wie z.B. bzgl. der Fertigungstiefe – rechtzeitig und kostenoptimal beeinflusst werden können.

### 2.1. Berechnung der Anteile von eLGW an der Belegschaft

Die vom zentralen Industrial Engineering bei Audi entwickelte Berechnungssystematik fußt zum einen auf einer LGW-Prognose, die aus der Altersprognose der Standorte abgeleitet ist, und benutzt folgende Parameter:

- Betrieblich empirisch ermittelter Anteil der einsatzkritischen LGW in den entsprechenden Altersgruppen,
- 10-Jahres-Altersprognose für das jeweilige Gewerk,
- Spiegelung der Altersgruppenanteile an eLGW auf die Altersprognose in den Gewerken,
- Betrachtung eines gewerkespezifischen Latenzfaktors (für nicht dokumentierte Leistungswandlungen).

Die ermittelte Zahl – Prozentsatz der eLGW an Beschäftigte – wird anschließend auf den zukünftigen erforderlichen Belegschaftsstand der Organisationseinheit bezogen.

### 2.2. Quantitative Ableitung der erforderlichen Anzahl an Speziellen Arbeitsplätzen

Aus der Kenntnis des Mengengerüsts der Anzahl von eLGW ist als Planungs-



größe der strukturelle Bedarf an geeigneten Arbeitsplätzen relevant. Moderne Fertigungssysteme beinhalten flexible Arbeitszeit- und Schichtsysteme, weshalb z.B. bestimmt werden muss, welcher Anteil der eLGW in der Nachschicht beschäftigt werden kann. Zudem sind Festlegungen zur höchstmöglichen Allokation dieser Arbeitsplätze zu treffen, die führungs- und organisationstechnische Gegebenheiten berücksichtigen. Die wesentlichen Parameter zur Ableitung des Arbeitsplatzbedarfes sind:

- Anwesenheitsfaktor (ca. 1,2)
- Allokationsfaktor (ca. 70 %)
- Schichtbelegung durch eLGW (ca. 2,3)

Alle Faktoren der Berechnungssystematik wurden interdisziplinär mit den Beteiligten der Planung, Fertigung und des Personalwesens festgelegt und ergeben dann in ihrer Verknüpfung die erforderliche Anzahl an Arbeitsplätzen pro Gewerk.

### 3. Qualitative Gestaltungsanforderungen an die Arbeitsplätze

Das Aufzeigen des quantitativen Bedarfs an Arbeitsplätzen reicht für die Schaffung und Gestaltung der Speziellen Arbeitsplätze nicht aus. Aus der Kenntnis der arbeitsmedizinisch festgestellten Einschränkungen der Mitarbeiter mit deren Erkrankungshintergründen wurden die spezifischen Gestaltungsanforderungen für die planenden Abteilungen aufbereitet. Die konkretisierten Anforderungen sehen wie folgt aus:

Keine Taktbindung:

- Grundsatz: überwiegend sollen diese Arbeitsplätze keine erhöhten Anforderungen an den Muskel- bzw. Bewegungsapparat stellen. Ein Anteil an Arbeitsplätzen ohne extreme Anforderungen an die Feinkoordination ist sinnvoll.
- Mengenvorgabe ist möglich, jedoch freie Einteilung der Arbeitsgeschwindigkeit über die Schicht.
- Gestaltung von Arbeitsplätzen mit nicht strenger Taktbindung, d.h. mit Puffermöglichkeit von mind. 4-5 min.

Sitzarbeitsplatz:

- Grundsatz: bei der Gestaltung ist zu berücksichtigen, dass erholungswirksames Sitzen gewährleistet werden kann. Sitzen auf Stehhilfen oder Sitzhilfen (Hocker, Polster) erfüllen diese Bedingung nicht. Ebenso soll sichergestellt werden, dass eine ununterbrochene Sitzdauer von 3 Minuten gegeben ist.
- Ergonomischer Grundsatz: keine erhöhte Kraftausübung im Sitzen. Sitzarbeitsplätze sollen grundsätzlich keine hohen Anforderungen an den Bewegungs- bzw. Muskelapparat stellen.
- Vollwertiger Sitzarbeitsplatz: idealerweise ist dieser Arbeitsplatz so eingerichtet, dass durch Verstellbarkeit der Arbeitsfläche auch ein Arbeiten im Stehen bzw. wechselweise Stehen / Sitzen möglich ist.
- Arbeitsplatz Stapler-/Zugwagenfahrer: als Sitzarbeitsplatz geeignet für die Gruppe der eLGW, deren Einschränkung aufgrund einer Erkrankung der unteren Extremitäten induziert ist.

Verbunden mit dem quantitativen Mengengerüst lassen sich mit diesen Angaben zielgerichtet entsprechende Arbeitsplätze planen.

#### **4. Zusammenfassung und Ausblick**

Mit der oben beschriebenen Methodik sowie den ergänzenden Gestaltungsanforderungen konnte erstmals bei der AUDI AG der genaue Bedarf an Arbeitsplätzen für einsatzkritische leistungsgewandelte Mitarbeiter für ein konkretes Fahrzeugprojekt berechnet und bereichsübergreifend als Zielwert für die unterschiedlichen Gewerke Montage, Karosseriebau und Lackiererei festgelegt werden. Abweichungen vom Target können aufgezeigt und in Unternehmensentscheidungen, zum Beispiel zur Fertigungstiefe oder zu Haus- und Kaufteilentscheidungen, berücksichtigt werden. Zurzeit wird der Prozess evaluiert, wobei sich bislang gezeigt hat, dass mit der durch die Methodik erzeugten Transparenz schon ein wesentlicher Fortschritt erzielt wurde.

#### **5. Literatur**

1. Bogus, T. & Dorn, R. 2008, Arbeitswissenschaftliche Methoden im Planungs- und Fertigungsprozess. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg.), Produkt- und Produktions-Ergonomie - Aufgabe für Entwickler und Planer. Dortmund: GfA Press, S. 297–300.

# Auslegung von Arbeitsplätzen für Tunnelüberwachungsanlagen und Verkehrsleitzentralen

Severina POPOVA, Dino BORTOT, Iwona JASTRZEBSKA-FRACZEK und  
Klaus BENGLER

*Lehrstuhl für Ergonomie, Technische Universität München,  
Boltzmannstraße 15, D-85748 Garching*

**Kurzfassung:** Überwachungsarbeitsplätze für Tunnelanlagen stellen aufgrund der großen, darzustellenden Datenmenge hohe ergonomische Anforderungen an ihre Gestalter. Es wird eine Vorgehensweise zur ergonomischen Auslegung solcher Arbeitsplätze mithilfe von definierten Normen und Vorschriften und dem zusätzlichen Einsatz des digitalen Menschmodells RAMSIS zur Validierung der Ergebnisse vorgestellt. Abschließend werden daraus resultierende Schlussfolgerungen beschrieben.

**Schlüsselwörter:** Tunnelüberwachung, Überwachungsarbeitsplatz.

## 1. Herausforderungen der Gestaltung von Überwachungsarbeitsplätzen

Überwachungsarbeitsplätze für Tunnelanlagen in Verkehrsleitzentralen zwingen ihren Bedienern in kritischen Fällen oftmals ergonomische Extrembelastungen in beiden Richtungen auf. Während sie zu großen Anteilen ihrer Arbeitszeit lediglich monotone Aufgaben mit geringen Belastungen übernehmen müssen, steigen die Anforderungen an Operateure beim Eintreten kritischer Notfälle in kürzester Zeit erheblich (bspw. bei Unfällen in Tunneln). Überfluss an dargestellter Information, hoher Zeitdruck sowie große Verantwortung für die im Verkehrsgeschehen beteiligten Personen charakterisieren diese Momente. Demzufolge ist eine ergonomisch optimal ausgelegte Arbeitsumgebung unbedingt erforderlich, um die Arbeitsbelastungen sowie das Stressempfinden der Operateure und somit die Fehlerwahrscheinlichkeit einerseits zu senken, andererseits die Dauertätigkeit ohne Beeinträchtigung wahrnehmen zu können.

Zielsetzung der nachfolgend dargestellten, interdisziplinären Untersuchungen mit Anforderungen aus der Architektur, der Datentechnik, dem Assetmanagement und der Ergonomie ist die Spezifikation von Arbeitsplätzen für die Tunnelüberwachung im Operatorraum einer Verkehrsüberwachung im südbayerischen Raum.

## 2. Arbeitsplatzauslegung

Eine gründliche Ist-Analyse bereits existierender Überwachungsarbeitsplätze sowie die Befragung der aktuellen Anlagennutzer dienen als Grundlage zur Neugestaltung der Arbeitsplätze, indem akutell vorhandene Schwächen und unzureichende Lösungen aufgedeckt werden. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen bestimmen zusammen mit den wachsenden Überwachungsaufgaben die Anforderungen, die an die zukünftigen Arbeitsplätze gestellt werden. Anschließend werden unterschiedliche Varianten hinsichtlich ihrer ergonomischen Eignung überprüft.

## 2.1 Anforderungsanalyse

Die Überwachung der aktuellen Verkehrssituation macht etwa 70% des Arbeitsumfanges aus und beinhaltet im Wesentlichen das Erkennen und Bewältigen von kritischen Situationen. Die restlichen 30% bestehen aus Nebentätigkeiten, wie z. B. der Prüfung der Systeme, dem Baustellen-Management, der Koordination von Schwertransporten oder der Einsatzplanung von Tunneltechnikern.

Entsprechend dieser Aufgabenverteilung werden pro Tunnel jeweils zwei Bildschirme für die Videobilder aus dem Tunnel und ein Bildschirm zur Bedienung der Steuerungs- und Notfallsysteme sowie zur Erledigung der Nebentätigkeiten benötigt. In Zukunft sollen an einem Arbeitsplatz bis zu sechs Tunnelanlagen überwacht werden, wodurch sich eine Anzahl von 18 Bildschirmen pro Arbeitsplatz ergibt.

Um Ausfallzeiten zu vermeiden und einen Parallelbetrieb an einem Arbeitsplatz durch zwei Mitarbeiter in Krisensituationen zu ermöglichen, werden jeweils zwei Eingabegeräte pro Arbeitsplatz vorgesehen. Außerdem ist auf dem Tisch ausreichend Platz für eine Kamerasteuerung und die benötigten Unterlagen einzuplanen.

## 2.2 Berechnung der Abmessungen des Arbeitsplatzes

Die ermittelten Anforderungen führen zu mehreren Arbeitsplatzvarianten, die sich bzgl. der Tischbreite und der Höhe der Bildschirmwand unterscheiden. Die effiziente Erstellung und Bewertung dieser werden mithilfe des Wissensmanagement-Systems EKIDES durchgeführt.

Die Breite des Arbeitsplatzes hängt von zwei Faktoren ab: Einerseits ist die benötigte Tischbreite ausschlaggebend, um ausreichend Platz für die Steuerung und die Unterlagen zu bieten, andererseits bestimmt die Anordnung der Bildschirme (2-reihig oder 3-reihig) über die Breitenabmessungen des Arbeitsplatzes. Bei einer Bildschirmanordnung in zwei Reihen ist die Breite der Bildschirmwand entscheidend, da insgesamt neun Monitore pro Reihe nebeneinander angebracht werden müssen. Bei einer Monitorgröße von 17" beträgt die Arbeitsplatzbreite somit ca. 378 cm. Werden nur sechs Bildschirme nebeneinander (und dementsprechend jeweils drei übereinander) positioniert, ist die benötigte Arbeitstischfläche mit einer Breite von 300 cm der limitierende Faktor.

Zur Bestimmung der maximalen Arbeitsplatzhöhe wird eine anthropometrische Analyse durchgeführt. Um die Arbeitsplätze der Tunnelüberwachung für möglichst viele, in Frage kommenden Anthropometrien optimal auszulegen, werden die beiden klassischen Grenztypologien, das 5. Perzentil Frau und das 95. Perzentil Mann, ausgewählt. Die entscheidenden Größen der Analyse sind der Augenbezugspunkt und die optimalen Sehbereiche des Menschen. Für die Ermittlung des Augenbezugspunktes werden der Norm DIN 33402-2 anthropometrische Daten entnommen. Es ergibt sich für einen sitzenden Menschen aus den beiden Größen Sitzflächenhöhe und „Augenhöhe im Sitzen“ sowie einem 10%igen Aufschlag für Kleidung/Schuhe (vgl. Tabelle 1).

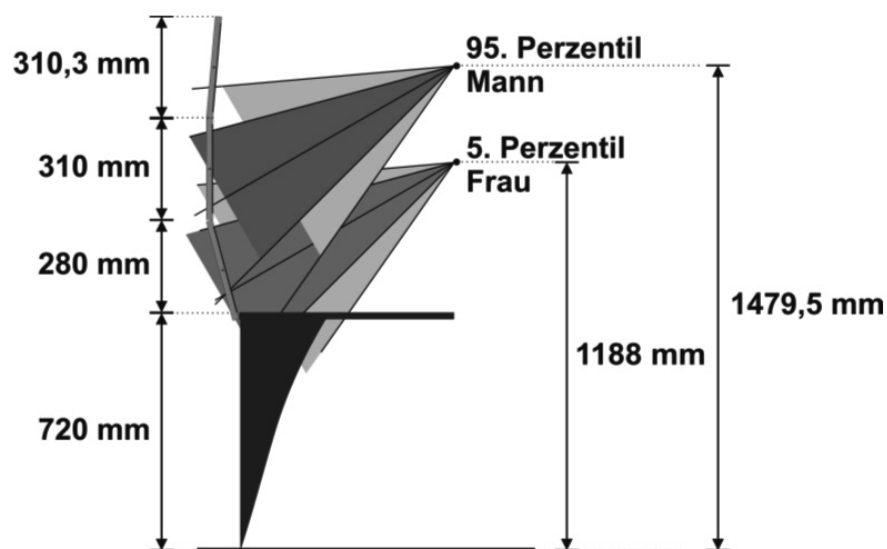
**Tabelle 1:** Berechnung des Augenbezugspunktes für das 5. Perzentil Frau und das 95. Perzentil Mann

	Sitzflächenhöhe	Augenhöhe im Sitzen	10%iger Aufschlag	Augenbezugspunkt im Sitzen
5. Perzentil Frau	375 mm	705 mm	108 mm	<b>1188 mm</b>
95. Perzentil Mann	490 mm	855 mm	134,5 mm	<b>1497,5 mm</b>

Ausgehend vom errechneten Augenbezugspunkt werden die optimalen Sichtbereiche betrachtet, um die maximal zulässige Arbeitsplatzhöhe zu bestimmen. Bei der Arbeit mit Tastatur und Maus befindet sich die normale, augenbezogene Sehachse bei  $-30^\circ$ . Aus Sicht der Ergonomie relevant sind die sich um diese Achse befindenden Bereiche des optimal nutzbaren Gesichtsfeldes ( $\pm 15^\circ$  um die Sehachse) und des optimal nutzbaren Blick-Gesichtsfeldes ( $\pm 25^\circ$  um die Sehachse). Der untersuchte Arbeitsplatz besteht aus einem Arbeitstisch mit einer Höhe von 720 mm und einer an der hinteren Kante des Arbeitstisches angebrachten Monitorwand, die aus 700 mm Distanz optimal betrachtet wird. Die maximale Arbeitsplatzhöhe wird demzufolge bestimmt durch den höchsten Schnittpunkt des Sichtkegels mit der Monitorwand (Tabelle 2 und Abbildung 1).

**Tabelle 2:** Maximale Arbeitsplatzhöhe unter Berücksichtigung der optimalen Sichtbereiche

	Optimal nutzbares Gesichtsfeld	Optimal nutzbares Blick-Gesichtsfeld
5. Perzentil Frau	1007mm	1127mm
95. Perzentil Mann	1298,5mm	1418,5mm



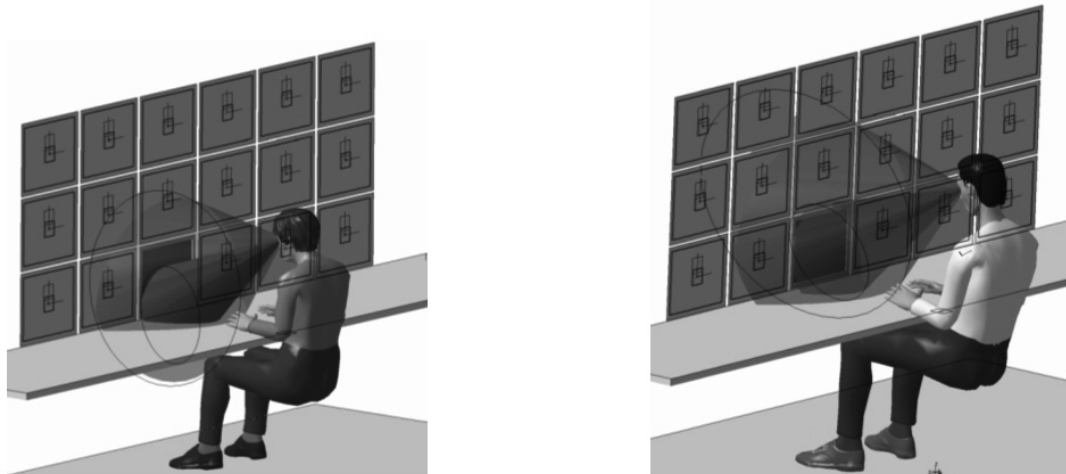
**Abbildung 1:** Ermittlung der maximal zulässigen Arbeitsplatzhöhe

Die Anforderungsanalyse erfordert, dass mindestens eine Monitorreihe im optimal nutzbaren Gesichtsfeld und die restlichen Reihen im optimal nutzbaren Blick-Gesichtsfeld angeordnet werden sollen.

In der Analyse der Aufbauvariationen der Monitorwand werden zwei Monitortypen betrachtet: ein 17" Standard-Bildschirm (Format 5:4) und ein 17" Widescreen-Bildschirm (Format 16:9).

Für das 95. Perzentil Mann befinden sich die beiden unteren Monitorreihen im optimalen Sichtbereich, unabhängig davon, ob Standardmonitore oder Widescreens verwendet werden. Für das 5. Perzentil Frau hingegen ist der Einsatz von Widescreens erforderlich, um den Anforderungen der Ergonomie gerecht zu werden. Bei der Anordnung mit Bildschirmen im 5:4-Format befindet sich lediglich die unterste Monitorreihe im optimalen Sichtbereich. Darüberhinaus ist eine Anordnung von mehr als sechs Monitoren nebeneinander nicht zu empfehlen, da die Randmonitore in diesem Fall außerhalb des Blickfeldes liegen.

Zur Validierung der anthropometrischen Analyse wird das digitale Menschmodell Ramsis eingesetzt. Die Ramsis-Analyse wird an einem Arbeitsplatzmodell mit insgesamt 18, in drei Reihen angeordneten Bildschirmen durchgeführt. Das Menschmodell wird in der Sitzhaltung für Arbeiten am Bildschirm mit Tastatur und Maus positioniert, da diese der meist angenommenen Sitzhaltung der Operateure entspricht (Abbildung 2).



**Abbildung 2:** Ramsis-Darstellung der optimalen Sichtbereiche der Typologien 5. Perzentil Frau (links) und 95. Perzentil Mann (rechts) auf einer Monitorwand mit 17“ Standard-Monitoren

### 3. Empfehlungen für die Gestaltung von Überwachungsarbeitsplätzen

Aufgrund der Ergebnisse der durchgeführten anthropometrischen Analyse soll ein Tunnelüberwachungsarbeitsplatz mit nicht mehr als zwölf 17“ Widescreen-Bildschirmen ausgestattet werden. Diese sollen in zwei Reihen übereinander angeordnet werden, wobei in der oberen Reihe die beiden Bilder der Überwachungskameras im Splitscreen-Format und in der unteren Reihe die jeweils dem darüber angezeigten Bildern zugehörige Steuerungs- und Warnsoftware dargestellt werden. Eine geringe konkav-konvexe Krümmung des Arbeitstisches und der Monitorwand gewährleistet eine gute Sicht auch auf die außen positionierten Randbildschirme.

Um das Arbeiten an den Überwachungsarbeitsplätzen auch für Extremgruppen (bspw. Personen außerhalb der untersuchten Anthropometrien oder Rollstuhlfahrer), oder ein Arbeiten im Stehen zu ermöglichen, ist eine Höhenverstellung des Arbeitstisches und der Monitorwand vorzusehen.

### 4. Literatur

1. Engstler F., Brandl B. & Bubb, H. 2008, Entwicklung eines Ramsis-Haltungsmodells für Bürostühle. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg.), Produkt- und Produktions-Ergonomie – Aufgabe für Entwickler und Planer. Dortmund: GfA-Press, S. 407-410.
2. Jürgens, H.W. 1999, Vorrangige Körpermaße. In: Handbuch der Ergonomie. Koblenz: BWB, B-1.1.3 – B-1.1.4.
3. Schmidtke, H. 1993, Ergonomie, 3. Auflage. München: Hanser.
4. Schmidtke, H. 2005, Arbeitstische für sitzende Tätigkeit. In: Handbuch der Ergonomie. Koblenz: BWB, C-4.1.3.
5. DIN 33402-2 2005, Körpermaße des Menschen; Werte. Berlin: Beuth.



# Gestaltung ganzheitlicher Produktionssysteme – nachhaltig und beteiligungsorientiert

Detlef GERST

*IG Metall, Vorstand, Betriebspolitik und Mitbestimmung,  
Wilhelm-Leuschner-Str. 79, D-60519 Frankfurt am Main*

**Kurzfassung:** Der Beitrag zeigt auf der Grundlage einer Auswertung von Workshops mit Betriebsräten, dass Ganzheitliche Produktionssysteme zwar große wirtschaftliche Potentiale in sich bergen, in der Praxis aber häufig mit einer verengten Zielperspektive verbunden werden. Kriterien der Nachhaltigkeit spielen gegenüber der Erwartung kurzfristiger Kostensenkungen eine untergeordnete Rolle. Vor diesem Hintergrund werden Perspektiven einer Weiterentwicklung von Produktionssystemen aufgezeigt. Erforderlich sind vor allem ein erweitertes Verständnis von Verschwendung und eine verstärkte Einbindung von Beschäftigten in die Verbesserungsprozesse.

**Schlüsselwörter:** GPS, Nachhaltigkeit, Beteiligung, KVP.

## 1. Einleitung

Um im internationalen Wettbewerb dauerhaft Beschäftigung sichern zu können, kommt für deutsche Unternehmen dem Ansatz des ganzheitlichen Produktionssystems (GPS) eine große Bedeutung zu. Ganzheitliche Produktionssysteme sind allerdings voraussetzungsreich und anspruchsvoll in der Gestaltung und Umsetzung. Die Chancen von GPS werden derzeit noch unzureichend genutzt. Der wesentliche Grund hierfür ist die einseitige Ausrichtung von GPS auf die kurzfristige Kostensenkung. Dies wird weder den Anforderungen des weltweiten Wettbewerbs gerecht, noch denen, die sich aus dem Anspruch ergeben, dass wir in einer demokratischen Gesellschaft leben, die dem Einzelnen Möglichkeiten zur persönlichen Entwicklung bietet. Wenn man allein die Fähigkeit betrachtet, sich im Wettbewerb zu behaupten, dann lautet die Anforderung an die Produktion: Es muss gelingen, schwer vereinbare und teilweise sogar konträre Ziele gleichzeitig zu erreichen. Diese Ziele lauten: Produktvielfalt, Qualität, Wirtschaftlichkeit und Geschwindigkeit der Produktion (Erlach 2007, S. 13ff.). Die höchste Qualität zu einem unbezahlbaren Preis zu produzieren, ist keine aussichtsreiche Strategie. Das Gleiche gilt für eine Strategie der Kostensenkung unter Vernachlässigung der anderen Zielgrößen. Die Suche nach der schnellen Kostensenkung erscheint möglicherweise als die bequemere Wahl, führt aber nicht auf den Weg einer nachhaltigen Entwicklung. Wer in erster Linie kurzfristige Kostensenkungen verfolgt, wird insbesondere die Lohnkosten ins Visier nehmen. Langfristig führt dieser Weg in die Sackgasse der Entqualifizierung, denn Lohnkostenreduzierung bedeutet in der Praxis allzu oft Simplifizierung von Arbeitstätigkeiten und Erhöhung der Arbeitsbelastungen. Dies widerspricht dem Stellenwert, den derzeit Wissenschaftler und Politiker dem Wissen und dem lebenslangen Lernen als Produktionsfaktor zumessen, und führt stattdessen zu einer nachhaltigen Verschlechterung der menschlichen Leistungsvoraussetzungen. Dem möchte ich eine Perspektive entgegenstellen, die der Nachhaltigkeit und der Mitwirkung von Beschäftigten einen größeren Stellenwert im GPS einräumt.

Grundlage für die folgenden Ausführungen sind Workshops in mehreren Bildungsstätten der IG Metall, in Verwaltungsstellen, einzelnen Betrieben und im Rahmen von Tagungen, die seit dem Jahr 2008 durchgeführt wurden. Beteiligt haben sich Betriebsräte und Leiter von betrieblichen Vertrauensleutkörpern aus etwa 150 unterschiedlich großen Betrieben der Metall- und Elektroindustrie. Eine Auswertung der Erfahrungen in 150 Betrieben ermöglicht keine repräsentativen Ergebnisse, sie ist aber geeignet, begründete Hypothesen über Chancen, Defizite und Perspektiven von GPS aufzustellen.

## 2. Erfahrungen von Interessenvertretungen

In den Veranstaltungen sehen die meisten Interessenvertreter einen bisweilen erheblichen Unterschied zwischen dem Anspruch und der Realität Ganzheitlicher Produktionssysteme. Mit Skepsis betrachten sie sowohl die wirtschaftliche Leistungsfähigkeit als auch die Auswirkungen auf die Arbeitszufriedenheit und die Gesundheit der Beschäftigten. Bemerkenswert ist, dass die meisten Betriebsräte, die über negative Erfahrungen berichten, den Ansatz in seiner Grundausrichtung dennoch für sinnvoll halten. Sie verbinden damit die Chance, zugleich die Wettbewerbsfähigkeit ihres Betriebes zu erhöhen und die Voraussetzungen für qualifizierte Arbeit zu erhalten. Vorbehalte richten sich also weniger gegen das Konzept, sondern gegen eine bereits eingetretene oder für die Zukunft befürchtete unzureichende und kaum beeinflussbare Praxis. Die Defizite, von denen die Betriebsräte berichten, treten nicht in jedem Einzelfall auf, aber in einer Vielzahl der Praxisbeispiele, und hier kombiniert:

- Den Anstoß für die GPS-Einführung bildet oft das Bedürfnis der Geschäftsführung nach einer „modernen“ Produktionsorganisation. Eine Alternative zum Bedürfnis nach Modernität als Ausgangspunkt der Produktionssystemänderung wäre eine sorgfältige Analyse des bestehenden Produktionssystems. Diese Phase wird aber oft übersprungen. So bleibt unbekannt, welche Methoden und welche Formen der Arbeitsorganisation und Prozessgestaltung für das Unternehmen überhaupt geeignet sind.
- Bei der Definition der Ziele des GPS versuchen Betriebe zu kopieren, was in Deutschland unter dem Toyota-Produktionssystem verstanden wird. Hierbei ergibt sich häufig eine verengte Zielperspektive. Ziele wie die Verbesserung der Ergonomie, eine verbesserte Ressourceneffizienz oder eine beteiligungsorientierte Unternehmenskultur werden selten formuliert.
- Die einseitige Ausrichtung in der Zielsetzung wirkt sich auf die Definition von Teilzielen und die Methodenauswahl aus. Übernommen werden Instrumente wie die 7 Arten der Verschwendung oder 5S. Instrumente zur ergonomischen Verbesserung und alternsgerechten Arbeitssystemgestaltung fehlen jedoch ebenso wie Ansätze zur Personalentwicklung.
- Im Umsetzungsprozess herrscht häufig ein großer Zeitdruck. Im Konflikt zwischen der Umsetzung von GPS und dem Erreichen der Produktionsziele bleibt die Umsetzung auf der Strecke, wenn hierfür von vornherein zu knappe Zeitspielräume kalkuliert werden. Das Resultat sind KVP-Prozesse mit einer recht kurzen Lebenserwartung. Weiteres Resultat sind Praxislösungen, die sich recht bald als nicht praktikabel erweisen.
- Statt das Ganzheitliche Produktionssystem mit all seinen Voraussetzungen umzusetzen, bemüht sich das Management im Urteil der Betriebsräte um die Wiederbelebung des Taylorismus. Was die Interessenvertreter vermissen, sind

innovative Ansätze der Produktionsorganisation. Statt dessen wird unter dem Vorwand der Modernisierung eine Arbeitsteilung weit über das ökonomisch sinnvolle Maß hinaus betrieben.

Diese Erfahrungen verweisen auf Schwachstellen der Produktionssystemgestaltung, die in Zukunft vermieden werden müssen. Dies gilt vor allem für die Defizite Kurzfristorientierung, Arbeitsteilung mit dem kurzfristigen Ziel der Lohnkostenreduzierung und die fehlende Nachhaltigkeit von Verbesserungsprozessen.

### **3. Nachhaltigkeit und Offenheit für Beteiligung**

Ganzheitliche Produktionssysteme sind leistungsfähiger, wenn diese an Kriterien der Nachhaltigkeit ausgerichtet werden. Im Einzelnen geht es beispielsweise um Veränderungs- und Innovationsfähigkeit, Kompetenz und Lernfähigkeit, den langfristigen Erhalt der Arbeits- und Beschäftigungsfähigkeit, Aus- und Weiterbildung, die Vereinbarkeit von Arbeit und Familie, den Arbeits- und Gesundheitsschutz, Umweltbelastungen in der Herstellungs- und Nutzungsphase der Produkte und den Material- und Ressourcenverbrauch. Auch die Wandlungsfähigkeit von Organisationen und Mitarbeitern ist ein Gebot der Nachhaltigkeit, das in Zukunft eine wachsende Bedeutung erhalten wird (Nyhuis et al. 2008; Spath et al. 2008).

Nachhaltiges Wirtschaften kann nicht allein durch Fachexperten für spezifische Optimierungsaufgaben gefördert werden, sondern erfordert auch Aktivitäten der Arbeitskräfte in der Produktion. Produktionskräfte verfügen über ein langjähriges Erfahrungswissen über ihre Arbeitsprozesse und Prozessdefizite. Dieses Wissen zu nutzen, ist ein entscheidender Bestandteil einer Strategie zur Stärkung nachhaltigen Wirtschaftens. Der geeignete organisatorische Rahmen hierfür sind KVP-Workshops. Nutzen lassen sich diese Potentiale jedoch nur, wenn Arbeitskräfte nicht als potentielle Störfaktoren im Produktionsablauf betrachtet werden, die durch möglichst genaue Arbeitsanweisungen und Standards zu kontrollieren sind. Erforderlich ist eine Kultur, in der Arbeitskräfte als Quelle von Wertschöpfung und Innovation anerkannt und in betriebliche Lernprozesse eingebunden werden.

Heute machen die Materialkosten mehr als 40% der Kosten im Verarbeitenden Gewerbe aus. Dieser Anteil liegt deutlich über den Lohnkosten. Ein Bericht des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWT 2009) beziffert „die Einsparpotenziale mit bis zu 20% der eingesetzten Materialien bei einem Gesamtaufwand von 500 Mrd. € jährlich für in der Produktion eingesetzte Hilfs- und Betriebsstoffe sowie die Materialien, die zu Produktkomponenten werden.“ Die zu erzielenden Einsparungen sind weit größer als nur die eingesparten Materialkosten, da sie „mit weiteren Effekten verbunden sind, die sich ebenfalls positiv auf die Wettbewerbsfähigkeit auswirken“.

Diese Potentiale liegen allein in der Materialeffizienz. Weitere finden sich in der Fertigungs- und Montagegerechtigkeit von Produkten, im Arbeits- und Gesundheitsschutz und in der Lernförderlichkeit von Arbeitssystemen. Angesichts dieser Potentiale liegt es nahe, nachhaltiges Wirtschaften an zentraler Stelle in das Zielsystem Ganzheitlicher Produktionssysteme aufzunehmen und bei der Ausgestaltung des Produktionssystems entsprechende Instrumente und Methoden vorzusehen.

Wenn Betriebe bei der Produktionssystemgestaltung den Schwerpunkt auf nachhaltiges Wirtschaften legen, wäre es kontraproduktiv zugleich eine Strategie der Lohnkostensenkung durch erhöhte Leistungsanforderungen und Entqualifizierung von Arbeit zu verfolgen. Nachhaltiges Wirtschaften setzt kompetente Arbeitskräfte

voraus, die sich aktiv am Optimierungsgeschehen beteiligen. Dies ist nicht nur eine Frage der Motivation, sondern auch der Gestaltung geeigneter Rahmenbedingungen. Erforderlich werden Qualifizierungsmaßnahmen für KVP-Prozesse, reservierte Zeitspielräume, damit Optimierungsprozess nicht am Produktionsdruck scheitern sowie betriebliche Prozessberater und Moderatoren.

Sollen Beschäftigte an Verbesserungsprozessen mitwirken, stellt dies neue Anforderungen an die Führungskräfte, vor allem auf der Ebene der Meister. Gefordert sind untere Führungskräfte, die in der Lage sind, eine lernförderliche Arbeitsumgebung zu schaffen, die die Rahmenbedingungen für Verbesserungsprozesse beurteilen und optimieren, die zudem Aktivitäten von ihren Mitarbeitern einfordern und diese im KVP-Prozess unterstützen. Dies setzt Schulungsmaßnahmen und ein begleitendes Veränderungsmanagement voraus.

Es ist mittlerweile belegt, dass eine Beteiligungsorientierung wesentlich zum Unternehmenserfolg beiträgt. Wie eine repräsentative Studie aus dem Jahre 2008 (Hauser et al. 2008) zeigt, ist eine partizipative Unternehmenskultur kein Luxus, sondern Voraussetzung von ökonomischer Leistungsfähigkeit. Beschäftigte haben, wie aus Untersuchungen im Rahmen des Förderprogramms Humanisierung des Arbeitslebens beispielsweise in der Peiner AG bekannt ist, ein elementares Bedürfnis nach demokratischer Beteiligung und sie bringen erhebliche innovatorische Qualifikationen in Optimierungsprozesse ein (Fricke 2007). Indem sie an Verbesserungsprozessen teilnehmen, gewinnen Beschäftigte an Vertrauen in ihre innovatorischen Qualifikationen, entwickeln diese weiter und gewinnen somit an Handlungsfähigkeit. Innovatorische Qualifikationen verkümmern jedoch, wenn sie nicht gefordert werden. Beteiligung nur um der wirtschaftlichen Zielssetzung willen, wird langfristig aber nicht die erhofften Wirkungen entfalten, weil fehlende Chancen, auch eigene Interessen zu verfolgen, die Motivation im Beteiligungsprozess untergraben. Diese Interessen könnten beispielsweise in der ergonomischen Verbesserung von Arbeitsplätzen oder in beruflichen Entwicklungsmöglichkeiten liegen. Eine motivierende Wirkung hat vor allem eine demokratische Beteiligung. Demokratische Beteiligung „zielt darauf, betriebliche Veränderungen nicht einseitig unter den Aspekten der Steigerung von Rentabilität, Produktivität und Effizienz, sondern auch unter dem Gesichtspunkt guter Arbeit zu konzipieren und zu bewerten.“ (Fricke 2007, S. 386f.).

#### 4. Literatur

1. Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie 2009, Bericht des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie zur Information des Staatssekretärsausschusses für nachhaltige Entwicklung auf der Sitzung am 09. Februar 2009.
2. Erlach, K. 2007, Wertstromdesign. Auf dem Weg zur schlanken Fabrik. Berlin: Springer.
3. Fricke, W. 2008, Demokratische Beteiligung. Fundament einer Unternehmenskultur von unten. In: R. Benthien & U. Brinkmann (Hrsg.), Unternehmenskultur und Mitbestimmung. Betriebliche Integration zwischen Konsens und Konflikt. Frankfurt: Campus, S. 273-390.
4. Hauser, F., Schubert, A. & Aicher, M. 2008, Unternehmenskultur, Arbeitsqualität und Mitarbeiterengagement in den Unternehmen in Deutschland, Abschlussbericht Forschungsprojekt Nr. 18/05, Bundesministeriums für Arbeit und Soziales.
5. Nyhuis, P., Reinhart, G. & Abele, E. (Hrsg.) 2008, Wandlungsfähige Produktionssysteme. Heute die Industrie von morgen gestalten. Garbsen: PZH GmbH.
6. Spath, D., Hirsch-Kreinsen, H. & Kinkel, S. (Hrsg.) 2008, Organisatorische Wandlungsfähigkeit produzierender Unternehmen. Unternehmenserfahrungen, Forschungs- und Transferbedarfe. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag.

# Arbeitswissenschaftlich und betriebswirtschaftlich begründete Flexibilisierungslösungen für den Personaleinsatz in kleinen und mittleren Unternehmen

Silke SCHRÖDER<sup>1</sup>, Sonja SCHMICKER<sup>1,2</sup>, Winfried GLÖCKNER<sup>2</sup> und Dieter WAGNER<sup>3</sup>

<sup>1</sup> METOP GmbH, An-Institut der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Sandtorstraße 23, D-39106 Magdeburg

<sup>2</sup> Institut für Arbeitswissenschaft, Fabrikautomatisierung und Fabrikbetrieb (IAF), Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Universitätsplatz 2, D-39106 Magdeburg

<sup>3</sup> Lehrstuhl für Betriebswirtschaftslehre mit dem Schwerpunkt Organisation und Personalwesen, Universität Potsdam, August-Bebel-Straße 89, D-14482 Potsdam

**Kurzfassung:** Der Arbeitsmarkt in den entwickelten Industriestaaten befindet sich seit einiger Zeit in einem deutlichen Wandel. Neben der klassischen Erwerbsarbeit gewinnen flexible Arbeits- und Beschäftigungsformen zunehmend an Bedeutung. Neue interne und externe Flexibilisierungslösungen, meist bezogen auf klassische Raum-Zeit-Konstellationen und damit einhergehenden arbeitsrechtlichen Fragestellungen und Antworten zur komplementären Anreizgestaltung und Entgeltdifferenzierung einer personellen Flexibilisierung, sind für viele Unternehmen eine zentrale Antwort auf globale Megatrends und konjunkturelle Einflüsse.

**Schlüsselwörter:** Flexibilität, Flexibilitätskategorien, Stabilität.

## 1. Einleitung

Die Suche sowohl nach einer humangerechten als auch wirtschaftlichen Flexibilität von Personaleinsatzlösungen wird zu einer zentralen arbeitswissenschaftlichen Fragestellung angesichts der veränderten wirtschaftlichen Rahmenbedingungen und insbesondere im Zusammenhang mit den einhergehenden Herausforderungen der Wirtschafts- und Finanzkrise. Es besteht die Notwendigkeit zu mehr Flexibilität und Stabilität in einer modernen auf Wirtschaftswachstum und nachhaltige Beschäftigungsfähigkeit ausgelegten Arbeitswelt.

Was versteht man dabei unter Flexibilität und Stabilität?

Flexibilität (auch als Anpassungsfähigkeit bezeichnet) beschreibt die Eigenschaft eines Systems, sich allgemeinen internen oder externen Veränderungen in reaktiver oder proaktiver Form anzupassen. Flexibilität eines Systems zeigt sich in der Fähigkeit sich an Gleichgewichtslagen anzupassen. Stabilität dagegen ist die Fähigkeit eines Systems, Gleichgewichtszustände gegenüber wechselnden äußeren Einflüssen und Störungen stabil zu halten bzw. neue Gleichgewichtszustände herzustellen. Stabilität ist dabei „das Angepasst sein“ und Flexibilität ist „die Anpassung“ (Brehm 2003).

Bezug nehmend auf die denkpsychologischen Ansätze zur systematischen Problemlösung (Sell & Schimweg 2002) stellt Stabilität einen Gleichgewichtszustand dar, der im Ist- und Soll-Zustand durch einzelne Sachverhalte beschrieben werden kann.



Der Transformationsprozess im Sinne des Findens eines neuen stabilen Gleichgewichtszustands (Soll-Zustands) ist dabei die Flexibilität des Systems, sofern man auf bekannte Operatoren zurückgreifen kann. Hierzu werden Handlungsoptionen zur Verfügung gestellt. Die Nutzung dieser Handlungsoptionen kann über Handlungsspielraum, Handlungsschnelligkeit und Handlungsbereitschaft der Aufgaben- und Entscheidungsträger differenziert beschrieben werden. Das Flexibilitätspotenzial zeigt sich insbesondere durch den Vorrat von bekannten Handlungsoptionen im Unternehmen im Handlungsspielraum.

Gilt es Operatoren unbekannter Art zu entdecken, sind dem Handlungsträger variable Gestaltungsspielräume einzuräumen (Ulich 1998), die über den Rahmen der Flexibilität eines Systems hinausgehen. Im betriebspraktischen Alltag stehen Flexibilität und Variabilität in einem sehr engen Verhältnis zueinander und werden selten getrennt betrachtet („Sie fließen ineinander über.“). Im Widerspruch dazu steht jedoch häufig die Eingrenzung der Gestaltungsspielräume und der Autonomie für die Handlungsträger, so dass variable Anpassungsfähigkeit durch restriktive Arbeitsaufgaben- und Arbeitsinhaltsgestaltung verhindert wird. Obwohl betriebswirtschaftlich notwendig, werden vielerorts die Potenziale persönlichkeitsfördernder Arbeitsaufgabengestaltung nicht genutzt. Die Praxis bestätigt, dass Flexibilisierungsstrategien häufig nur einseitig betriebswirtschaftlich getrieben entwickelt werden, darum nur dezidiert erfolgreich sind und somit womöglich zu prekären Arbeits- und Beschäftigungsverhältnissen führen. Aus diesem Grund ist eine arbeitswissenschaftliche Durchdringung in Zusammenhang mit den betriebswirtschaftlichen Betrachtungen zwingend erforderlich.

## **2. Konzeptionelle Überlegungen und Zielsetzung**

### *2.1 Konzeptionelle Überlegungen*

Der Begriff der Flexibilität wird in der Literatur vielfältig definiert. Dabei ist entscheidend, aus welcher Perspektive man sich dem Begriff nähert. In einem ersten Schritt ist deshalb zwischen den verschiedenen Betrachtungsperspektiven Mensch-Technik-Organisation zu unterscheiden. So kann Flexibilität bezogen auf die Organisation, den Menschen oder das technische System beschrieben werden. In der Literatur findet man hierzu differenzierte Ausführungen und Gestaltungslösungen, die wiederum häufig einseitig vorangetrieben werden. Notwendige Wechselwirkungen im Sinne eines ganzheitlichen Vorgehens sind nur ansatzweise zu finden. Die folgenden Betrachtungen fokussieren deshalb auf die Perspektive Mensch unter konsequenter Berücksichtigung des ganzheitlichen MTO-Ansatzes.

Im Mittelpunkt der nachfolgenden Untersuchungen steht die Entwicklung von Handlungs- und Gestaltungsspielräumen für den Menschen im Personaleinsatz unter Berücksichtigung unternehmens- und mitarbeiterbezogener Bedarfe. Diese personellen Flexibilisierungsstrategien setzen Eigenschaften und Kompetenzen des Menschen voraus, die im Zusammenhang mit dem „flexiblen Menschen“ diskutiert werden (Sennett 2006).

Auf der Suche nach einer Spezifizierung des Begriffs „personelle Flexibilität“ fällt in der Literatur die Unterscheidung in interne und externe Flexibilität auf.

Dabei gehören zur internen Flexibilität Maßnahmen, die eine Anpassung des Arbeitseinsatzes an veränderte Nachfragebedingungen ohne Rückgriff auf den externen Arbeitsmarkt ermöglichen (Keller & Seifert 2007). Das sind bspw. flexible Grup-



penarbeitsstrukturen, flexible Arbeitszeitgestaltung, job enrichment, job enlargement, job rotation, flexible Anreizsysteme, Kurzarbeit, u. a.

Hingegen findet bei der externen Flexibilität eine Anpassung durch Rückgriff auf den externen Arbeitsmarkt statt (Keller & Seifert 2007). Ein zentrales Beispiel ist die Anpassung der Beschäftigtenzahl durch Einstellungen oder Entlassungen (befristete Beschäftigungsverhältnisse), aber auch Outsourcing, Arbeitnehmerüberlassung, Freelancer oder Regionale Personalpools (Schmicker & Schröder 2006).

Neben der Unterscheidung in interne und externe Flexibilität findet man in der Literatur spezifische gestaltungsorientierte Kategorisierungen, die z. B. auf das Handlungsfeld Arbeitszeitgestaltung oder Arbeitsplatzgestaltung bezogen sind. Die nachfolgende Tabelle 1 gibt hierzu einen Überblick.

**Tabelle 1:** Kategorien der Flexibilität bezogen auf den Personaleinsatz (in Anlehnung an Reilly 2001)

Kategorie	Unternehmenssicht	Mitarbeitersicht
Numerische Flexibilität	Zahlenmäßige Anpassung der Beschäftigten an wechselnde Rahmenbedingungen	
	Anpassung der Beschäftigtenzahl, z. B. durch Einstellungen, Entlassungen (Befristet Arbeitsverträge)	Wahlmöglichkeit einer Beschäftigungsform, z. B. Arbeitsvertrag, Werkvertrag
Funktionale Flexibilität	Anpassung der Arbeitsorganisation an wechselnde Rahmenbedingungen, Möglichkeiten der Variation von Arbeitsteilung, Arbeitsstruktur und Arbeitsorganisation	
	Ausgleich von auftragsbezogenen und personellen Schwankungen, z. B. teilautonome Gruppenarbeit, job rotation	Wahlmöglichkeiten in den Arbeitsinhalten, z. B. job enlargement, job enrichment
Zeitliche Flexibilität	Variationsfähigkeit in der Arbeitszeit/Lebensarbeitszeit bezogen auf Lage (chronologisch) und Dauer (chronometrisch) der Arbeitszeit	
	Z. B. Kurzarbeit	Z. B. Sabbatical
Räumliche Flexibilität	Variationsfähigkeit des Arbeitsorts und des Arbeitsplatzes hinsichtlich Arbeitsorganisation und Unternehmen	
	Z. B. Montagearbeit entfernt vom Arbeitsort	Z. B. home office
Monetäre/geldwerte Flexibilität	Variationsfähigkeit in Entgelt- und Anreizsystemen bezogen auf quantitative und qualitative Regelungen	
	Z. B. variable Entgeltanteile	Z. B. altersbezogene Progression
Biografische Flexibilität	Kombination von numerischer, funktionaler, zeitlicher, räumlicher und monetärer/geldwerter Flexibilität entlang von Lebens- und Berufsphasen	

Betrachtet man etablierte Flexibilisierungsinstrumente, so kann man zwischen unternehmens- und mitarbeitergetriebenen Lösungen unterscheiden. Viele Lösungen stellen auch einen Mix aus beiden Zielstellungen dar. Zum einen existiert ein umfas-

sender Vorrat von flexiblen Gestaltungslösungen im Personaleinsatz, die einseitig nur auf die Umsetzung unternehmensbezogener bzw. -getriebener Zielstellungen zum Erhalt der Wettbewerbsfähigkeit (kurz: Unternehmenssicht) orientiert sind. Zum anderen findet man Lösungen aus der individualpsychologischen Perspektive, die durch mitarbeitergetriebene Ziele und Wünsche primär erst entstanden sind (kurz: Mitarbeitersicht). Angesichts des demografischen Wandels und der Schaffung familienfreundlicher Arbeitsbedingungen gewinnen diese Lösungen zunehmende Bedeutung, die in der aktuellen Diskussion unter dem Begriff der lebens- und berufsbiografischen Flexibilität geführt werden.

Die biografische Flexibilität stellt dabei eine flankierende Kategorie dar. Sie ist eher als Querschnittsthema zu betrachten. Gestaltungslösungen im Bereich der biografischen Flexibilität entstehen erst durch Kombination z. B. von Arbeitszeit und Arbeitsort sowie arbeitsvertraglichen Regelungen. Die Strukturierung und Systematisierung wird nach lebens- und berufsbiografischen Phasen vorgenommen.

## *2.2 Zielsetzung*

Im Fokus unseres Untersuchungsfelds stehen kleine und mittlere Unternehmen (KMU) aus dem Dienstleistungs- und produzierenden Sektor. Die Kommission der Europäischen Union sieht für KMU folgende Definition vor: Die Zahl der Beschäftigten beträgt weniger als 250 Mitarbeiter und der Umsatzerlös liegt bei  $\leq 50$  Mio. Euro oder ein KMU verzeichnet eine Bilanzsumme von  $\leq 43$  Mio. Euro.

Aufgrund dieser besonderen Bedingungen in KMU sind Flexibilisierungspotenziale und -bedarfe entsprechend hoch und im Gegensatz zu großen Unternehmen wird ein umfassender Flexibilisierungsansatz, der

- eine Systematisierung von Flexibilisierungs- und Stabilisierungsformen in entsprechenden Kategorien,
  - die Entwicklung eines methodischen Konzepts für die Bewertung und Gestaltung von derartigen Flexibilisierungs- und Stabilisierungsformen und
  - die Entwicklung von konkreten internen und externen Flexibilisierungs- und Stabilisierungsstrategien
- vorsieht, benötigt.

Ziel ist es in einem Handlungsleitfaden auszuarbeiten, wie der betriebliche Anwender in diesem Prozess systematisch vorgehen soll. Als Ergebnis wird ein Baukastensystem als eine systematische Sammlung intern und extern induzierter Flexibilisierungsstrategien entstehen. Damit soll besonders die Frage beantwortet werden, welche konkrete Flexibilisierungsstrategie in Abhängigkeit von der Fertigungsart, von bestimmten Marktsituationen und -anforderungen, der Unternehmensstrategie, der Personalsituation u. a. zweckmäßig ist und welche erfolgssichernden Rahmenbedingungen dafür einzuhalten sind.

## **3. Methodisches Vorgehen und Ausblick**

Im ersten Schritt wird eine umfassende Status-quo-Analyse in Form betrieblicher Erstgespräche über Fragebogen und Interviews und eine Ist-/Soll-Analyse seitens der Unternehmen und der Mitarbeiter über teilstandardisierte Interviews durchgeführt. Die resultierenden Ergebnisse werden in einem Kategoriensystem aufbereitet und anhand eines arbeitswissenschaftlichen und betriebswirtschaftlichen Bewertungs- und Kennzahlensystems zu einem Modell zusammengefasst. Für ausgewähl-

te Flexibilisierungs- und Stabilisierungsstrategien werden konkrete betriebliche Gestaltungslösungen entwickelt. Im Ergebnis entsteht ein umfassendes Instrumentarium, bestehend aus Handlungsleitfaden und Baukastensystem, für den betrieblichen Anwender. Erste Ergebnisse können vorgestellt werden.

Flankierend im gesamten Forschungsvorhaben bleibt die konzeptionelle Durchdringung des Begriffs der personellen Flexibilität als individualpsychologische und organisationswissenschaftliche Dimension als ein Arbeitsschwerpunkt bestehen.

#### 4. Literatur

1. Brehm, C.R. 2003, Organisatorische Flexibilität der Unternehmung. Bausteine eines erfolgreichen Wandels. In: W. Krüger (Hrsg.), Strategische Unternehmensführung. Wiesbaden: DUV.
2. Keller, B. & Seifert, H. 2007, Atypische Beschäftigung. Flexibilisierung und soziale Risiken. Berlin: Edition Sigma.
3. Reilly, P.A. 2001, Flexibility at work. Balancing the interests of employer and employee. Aldershot: Gower.
4. Schmicker, S. & Schröder, S. 2006, Innovative netzwerkbezogene Arbeits- und Beschäftigungsmodelle. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg.), Innovationen für Arbeit und Organisation. Dortmund: GfA Press.
5. Schmicker, S. & Schröder, S. 2009, Gestaltung flexibler Beschäftigungsmodelle und Personaleinsatzstrategien in kleinen und mittleren Unternehmen. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg.), Arbeit, Beschäftigungsfähigkeit und Produktivität im 21. Jahrhundert. Dortmund: GfA-Press.
6. Sell, R. & Schimweg, R. 2002, Probleme lösen. In komplexen Zusammenhängen denken. Berlin: Springer-Verlag.
7. Sennett, R. 2006, Der flexible Mensch. Berlin: BvT Berliner Taschenbuchverlags GmbH.
8. Ulich, E. 1998, Arbeitspsychologie. Stuttgart: Schäffer-Poeschel Verlag.



## Ziel-Zustand – zwischen Herausforderung und Motivation

Sabine HEMPEN<sup>1</sup>, Sebastian KLEINT<sup>2</sup>, Jochen DEUSE<sup>1</sup> und Jürgen WEGGE<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Lehrstuhl für Arbeits- und Produktionssysteme, Technische Universität Dortmund, Leonhard-Euler-Str. 5, D-44227 Dortmund*

<sup>2</sup> *Institut für Arbeits- und Organisationspsychologie, Technische Universität Dresden, Zellescher Weg 17, D-01062 Dresden*

**Kurzfassung:** Um Produktionsprozesse zielgerichtet zu verbessern, stellt sich im Kontext des kontinuierlichen Verbesserungsprozesses (KVP) die Frage nach einer geeigneten Darstellung und konstruktiven Kommunikation von (Prozess-)Zielen. Diese Fragestellung wurde bisher sowohl aus prozessorientierter als auch aus psychologischer Sicht untersucht. In der Praxis erfolgte bisher jedoch noch keine wissenschaftliche Zusammenführung dieser beiden Aspekte. Dies zeigt schon die Definition des Wortes Ziel: Während ein Prozess-Ziel aus Ingenieursicht das konkrete Prozess-Ergebnis darstellt, verstehen Psychologen unter Zielen vielmehr die mentale Vorwegnahme dieses Ergebnisses. Der folgende Beitrag soll einen ersten Ansatz für eine Integration beider Sichtweisen zur Verbesserung von Produktionsprozessen liefern.

**Schlüsselwörter:** Kontinuierlicher Verbesserungsprozess, Ziel-Spezifikation, Ziel-Schwierigkeit, Ziel-Zustand.

### 1. KVP in Unternehmen

Nach wie vor ist die Implementierung des kontinuierlichen Verbesserungsgedankens eine herausfordernde Aufgabenstellung für viele produzierende Unternehmen. Dabei können im kontinuierlichen Verbesserungsprozess (KVP) insbesondere durch kleine, gezielte Verbesserungen in arbeitsteiligen Produktionsprozessen Innovationspotentiale von erheblichem Ausmaß realisiert werden. In der Praxis scheitern viele Unternehmen jedoch bei der Integration des KVP in die Organisation der täglichen Arbeitsabläufe. Voraussetzung für einen erfolgreichen KVP ist zum Einen eine hohe Veränderungsmotivation der Vorgesetzten und deren Mitarbeitern, die im zielzustandsgeführten Verbesserungsprozess einen innovativen Umgang mit Problemen und Hindernissen ermöglicht. Zum Anderen müssen alle Abläufe im KVP planbar und transparent gestaltet sein, um diese in einen strukturierten Arbeitsablauf einzubinden. Hierfür müssen Aufgaben und Ziele eindeutig bestimmt werden.

### 2. Ziele und Ziel-Zustände im KVP

Der KVP fordert die Mitarbeiter auf, sich kritisch mit ihren Arbeitsprozessen statt mit den Prozess-Ergebnissen auseinanderzusetzen und die eigenen Ideen in die Teamarbeit einzubringen (Menzel 2009).

Um den beschriebenen KVP zu aktivieren, sind Prozess-Ziele bzw. Resultate in Form von Kennzahlen (z. B. 400 Stück/Schicht) nicht geeignet. Stattdessen müssen die Informationen, wie dieses Prozess-Ziel realisiert werden soll, weitaus spezifischer mit Hilfe eines sogenannten Ziel-Zustandes dargestellt werden. Der Ziel-Zustand be-

schreibt, wie der betrachtete Prozess in naher Zukunft ablaufen soll (Rother 2009). So werden alle Aktivitäten des KVP alleine zur Prozessverbesserung durchgeführt. Folglich ist die richtige Definition eines Ziel-Zustandes eine bedeutende Voraussetzung, um einen KVP erfolgreich anzustoßen. Dabei sind zwei Zielmerkmale zu berücksichtigen, welche die leistungssteigernde Wirkung von prozessspezifischen Ziel-Zuständen beeinflussen können: Die Ziel-Schwierigkeit und die Ziel-Spezifität. Diese Aspekte werden im Folgenden von zwei Ebenen beleuchtet – aus ingenieurwissenschaftlicher und psychologischer Sicht.

## *2.1 Ziel-Zustände aus prozessorientierter Sicht*

Die Herangehensweise des KVP beruht auf der Identifikation von Hindernissen und Problemen, die zwischen einem aktuellen Prozess-Zustand und einem spezifischen Ziel-Zustand liegen. Dabei soll sichergestellt werden, dass Hindernisse und Probleme im Rahmen eines inkrementellen Verbesserungsprozesses gelöst und die Prozesse somit schrittweise weiterentwickelt werden (Spear & Bowen 1999). Im Ziel-Zustand werden alle erforderlichen Informationen über das Zusammenwirken der Arbeitssystemelemente (Mensch, Material, Maschine, Methode etc.) beschrieben. Diese Detaillierung beruht auf der Annahme, dass ein verbessertes Ergebnis nur erzielt werden kann, wenn der Prozess im Ganzen mit den inbegriffenen Wirkzusammenhängen verändert wird (Rother 2009).

Aus Prozesssicht orientieren sich die definierten Ziel-Zustände an einem übergeordneten Ideal-Zustand (z. B. 100% Wertschöpfung, one piece flow), der durch einen hohen Abstraktionsgrad richtungsweisend für alle Ziel-Zustände der Produktionsprozesse im Unternehmen ist (Spear & Bowen 1999). Durch diese Herangehensweise wird der Fokus sowohl der Führungskräfte als auch deren Mitarbeiter auf die relevanten Probleme und Hindernisse innerhalb des Prozesses gelenkt. Es wird weniger „Was kann ich verbessern?“ sondern vielmehr „Was muss ich verbessern?“ gefragt (Rother 2009).

Die Definition eines Ziel-Zustandes bestimmt die Schrittweite, mit der der Prozess in Richtung des Ideal-Zustandes verbessert werden soll. Im Sinne der inkrementellen Verbesserung sollte der Ziel-Zustand in einem kurzen Zeitraum umgesetzt werden. Dafür ist es wichtig, den zeitlichen Zusammenhang zwischen Höhe der Herausforderung (Ziel-Schwierigkeit) und der Dauer zur Lösung dieser Herausforderung in Form von technischen oder organisatorischen Gestaltungsmaßnahmen einschätzen zu können. Dem ausführenden Mitarbeiter muss in seinem täglichen Arbeitsablauf zur Erfüllung der einhergehenden Aufgaben eine angemessene Zeit vorgegeben werden. Daher ist eine zeitliche Bewertung dieser Aufgaben für eine effiziente Kapazitätsplanung maßgeblich. Ungeachtet dessen werden derzeit in der Praxis keine definierten Zeitbausteine zur Ermittlung der Dauer der Prozessverbesserung verwendet, da ein Ziel-Zustand einen gewünschten spezifischen Prozess-Zustand beschreibt und keine konkreten, zeitlich bewertbaren Lösungsaufgaben beinhaltet (Spear & Bowen 1999). Um dennoch planen zu können, wird häufig ein Zeitraum zur Realisierung auf der Erfahrungsgrundlage der Führungsperson geschätzt. Die tatsächliche Dauer zur Umsetzung des Ziel-Zustandes ist jedoch abhängig von einer Vielzahl von Parametern wie beispielsweise der Fähigkeit des Mitarbeiters zur Problemlösung oder die Verfügbarkeit von Ressourcen etc.

Detailgenauigkeit und Informationsdichte des Ziel-Zustandes beschreiben die Höhe der Ziel-Spezifität. Je mehr Informationen der Ziel-Zustand bezüglich des Zusammenwirkens der Arbeitssystemelemente aufweist, desto geringer ist der Abstrak-



tionsgrad. Die Mitarbeiter sollen befähigt werden, anhand der Abweichungen zwischen Ist- und Ziel-Zustand geeignete Gestaltungsmaßnahmen ableiten und diese hinsichtlich ihrer Wirksamkeit bewerten zu können (McDuffie & Krafcik 1992). Alle erforderlichen Informationen über den gewünschten Prozessablauf müssen demnach transparent und klar abgebildet werden. Vorangegangene Forschungsergebnisse (Deuse et al. 2009) zeigen, dass bei manuellen Arbeitssystemen eine strukturierte Untergliederung in die fünf Arbeitssystemelemente Mensch, Maschine, Mitwelt, Methode und Material eine systematische Vorgehensweise unterstützt und so die Mitarbeiter Probleme und Hindernisse schneller identifizieren und Gestaltungsmaßnahmen ableiten können.

## *2.2 Ziele aus psychologischer Sicht*

Ziele sollten weitere Kriterien erfüllen um sicherzustellen, dass diese motivierend und leistungssteigernd auf den Mitarbeiter wirken. Unter den psychologischen Theorien zur Motivation hat sich besonders die Zielsetzungstheorie der Aufgabenmotivation und –leistung (Locke & Latham 1990) empirisch in verschiedenen Kontexten (Beruf, Schule und Studium) bewährt. Folgt man diesen Autoren, sind Ziele bewusste Vorhaben des Individuums, die sich auf ein zukünftiges Resultat beziehen.

Ziele sollten leicht über dem aktuell gezeigten Leistungsniveau des Mitarbeiters liegen, also herausfordernd sein, gleichzeitig aber realistisch und klar definiert (Locke & Latham 1990, 2002). In über 400 Studien sowohl im Feld als auch im Labor (vgl. Wegge & Schmidt 2009) konnte dieser Zusammenhang empirisch gezeigt werden. Konsistent steigt die Leistung von Individuen und auch Arbeitsgruppen mit zunehmender Zielschwierigkeit an, wobei die Leistung dann auf einem Plateau verharret, wenn die individuellen Leistungsgrenzen des betreffenden Individuums erreicht sind. Gleichermäßen findet die Mehrzahl der betreffenden Untersuchungen, dass Personen unter dem Einfluss spezifischer, klar definierter Ziele wesentlich bessere Ergebnisse erzielten als unter dem Einfluss vager, unspezifischer Ziele. Dieser als Ziel-Leistungszusammenhang beschriebene Effekt besteht in verschiedenen Kontexten auf individueller als auch Gruppenebene.

Dieser Zusammenhang wird zusätzlich durch weitere Variablen moderiert (Wegge & Schmidt 2009). Relevant ist hier zunächst das individuelle, aufgabenspezifische Fähigkeitsniveau des Individuums. Personen mit hohen, aufgabenspezifischen Kompetenzen leisten unter dem Einfluss schwieriger, spezifischer Ziele mehr als Personen mit niedrigen, aufgabenspezifischen Kompetenzen. Daneben moderiert auch die Selbstwirksamkeitserwartung der Person (self-efficacy) den Ziel-Leistungszusammenhang. Individuen differieren hinsichtlich der eigenen allgemeinen Leistungszuversicht, also dem Glauben gesteckte Ziele auch erreichen zu können (Bandura 1997). Der Ziel-Leistungszusammenhang ist folgerichtig stärker ausgeprägt bei Personen, die eine hohe Selbstwirksamkeitserwartung haben als bei Personen mit niedriger Selbstwirksamkeitserwartung (Brown et al. 2005).

Ebenfalls kommt der Zielbindung (goal commitment) eine moderierende Wirkung zu (Klein et al. 1999). Hierbei handelt es sich um die Stärke der Verpflichtung, die eine Person gegenüber dem gestellten Ziel empfindet, also die Bereitschaft trotz Anstrengung und Widerständen weiter an der Erfüllung des Ziels festzuhalten. Neben individuell differierenden Faktoren entsteht eine hohe Zielbindung unter anderem durch eine hohe subjektiv empfundene Wahrscheinlichkeit der Zielerreichung, sowie einem hohen Wert der Zielerreichung durch das Individuum (Klein et al. 1999). Rückmeldungen des Leistungsfortschritts in Kombination mit transparenten, schwie-

rigen Zielen steigern die Leistung im Vergleich zu Zielen ohne Rückmeldung (Schmidt & Kleinbeck 2006). Dieser Zusammenhang bestätigt sich unter anderem bei einer meta-analytischen Betrachtung von 16 Studien (Neubert 1998). Gibt man bei einfachen Aufgaben Rückmeldung verändert sich die Effektstärke um  $d=.43$  gegenüber einfachen Aufgaben mit spezifischen, schwierigen Zielen ohne Leistungsrückmeldung. Betrachtet man nur komplexe Aufgaben lag die mittlere Zunahme sogar bei  $d=.95$  (Neubert 1998). Rückmeldungen geben dem Individuum Informationen über den Zielerreichungsgrad und ergänzen so die handlungslenkende Funktion von Zielen (Wegge & Schmidt 2009). Als letzte Moderatorvariable ist die Aufgabenkomplexität zu berücksichtigen, der Ziel-Leistungszusammenhang ist bei einfachen Aufgaben deutlich stärker als bei komplexen Aufgaben (Locke & Latham 2002).

Der Ziel-Leistungszusammenhang wirkt durch vier vermittelnde Mechanismen. Ziele fördern die Konzentration auf aufgabenrelevante Informationen. Sie mobilisieren die Anstrengung und erhöhen die Ausdauer bei der Zielverfolgung. Weiterhin können durch Ziele adäquate Bearbeitungsstrategien bereitgestellt beziehungsweise entwickelt werden (Locke & Latham 2002). Insbesondere bei komplexen Aufgaben hängt deren Wirkung vom Einsatz aufgabenspezifischer Bearbeitungsstrategien ab, welche durch das Individuum zunächst entwickelt werden müssen.

### 3. Zusammenfassung und Ausblick

Untersuchungen zeigen, dass klare, spezifische Zielbeschreibungen (Ziel-Zustände) sowie eindeutige Zuordnungen von Aufgaben im KVP die Integration in die Organisation von täglichen Arbeitsabläufen positiv unterstützen. Erfahrungen konnten dazu im Rahmen eines Forschungsprojektes in sozio-technischen Arbeitssystemen gesammelt werden (Deuse et al. 2009).

Aufgrund der beschriebenen Erkenntnisse wird angenommen, dass eine Zuordnung von zeitlich bestimmbareren Verbesserungsaufgaben zu einer mitarbeiterspezifischen Herausforderung eines Ziel-Zustandes Planungen von KVP-Abläufen weiter vereinfachen und damit die Einbindung des KVP in den täglichen Ablauf zusätzlich festigen würden.

Aus psychologischer Sicht ist die Zielsetzungstheorie auf der individuellen Ebene gut belegt, auf Gruppenebene kann der Ziel-Leistungszusammenhang ebenfalls gezeigt werden (Wegge 2004). Allerdings sind bei Gruppen weitere moderierende Faktoren wie etwa Kommunikationsprozesse innerhalb der Gruppe zu bedenken, die bisher nur ansatzweise untersucht sind, so dass eine Übertragung der Kerngedanken der Zielsetzungstheorie auf Gruppen nur eingeschränkt möglich ist.

Anhand der vorangegangenen Untersuchungen scheinen Ziele aus psychologischer Sicht eher den Ziel-Zuständen der Ingenieurwissenschaft als den Prozess-Zielen in Form von Kennzahlen zu ähneln. Diese Annahme wird im Rahmen eines fachübergreifenden, durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderten Vorhabens kritisch hinterfragt (Vertrauen und Lernen im inkrementellen, fehlerinduzierten Innovationsprozess [www.VEIN-Projekt.de](http://www.VEIN-Projekt.de)). In diesem werden unter anderem die Auswirkungen unterschiedlicher Einflussgrößen einer spezifischen Ziel-Zustandsdefinition auf den Verbesserungsprozess experimentell erforscht und verschiedene Ziel-Zustände hinsichtlich der Dauer der Zielerreichung sowie der Förderung der Mitarbeiterzufriedenheit ausgewertet. Die beiden Themenbereiche werden durch die Zusammenarbeit zwischen dem Lehrstuhl für Arbeits- und Produktionssysteme der TU Dortmund und dem Institut für Arbeits- und Organisationspsychologie

der TU Dresden abgedeckt. Ziel ist es, die Einflusskriterien sowohl aus prozessorientierter als auch aus psychologischer Sicht in mehreren Industrieunternehmen zu untersuchen und aus den Ergebnissen Strategien zum Umgang mit prozessspezifischen Ziel-Zuständen abzuleiten. Dabei wird von Seiten der Ingenieurwissenschaft der Schwerpunkt auf die Erprobung und Weiterentwicklung von Visualisierungsinstrumenten gelegt, während die psychologische Wissenschaft in diesem Feld geeignete Methoden zur konstruktiven Kommunikation und Anpassung von Zielen mit dem Mitarbeiter untersucht.

#### 4. Literatur

1. Bandura, A. 1997, Self-efficacy. The exercise of control. New York: Freeman.
2. Brown, S.P., Jones, E. & Leigh, T. W. 2005, The attenuating effect of role overload on relationships linking self-efficacy and goal level to work performance, *Journal of Applied Psychology*, 90, 972-979.
3. Deuse, J., Rother, M. & Hempen, S. 2009, Managing Continuous Innovation in a Manufacturing Environment. Brisbane: CINet. Im Internet verfügbar unter: [http://www.continuous-innovation.net/Publications/Papers\\_CINet\\_conference\\_2009.html](http://www.continuous-innovation.net/Publications/Papers_CINet_conference_2009.html), 05.01.2010.
4. Klein, H., Wesson, M., Hollenbeck, J. & Alge, B. 1999, Goal commitment and the goal-setting process: Conceptual clarification and empirical synthesis, *Journal of Applied Psychology*, 84, 885-896.
5. Locke, E.A. & Latham, G.P. 1990, A theory of goal setting and task performance. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
6. Locke, E.A. & Latham, G.P. 2002, Building a practically useful theory of goal setting and task motivation: A 35 year odyssey, *American Psychologist*, 57, 705-717.
7. McDuffie, J.P. & Krafcik, J.F. 1992, Integration technology and human resources for high performance manufacturing: Evidence from the international auto industry. In: T.A. Kochan & M. Useem (Eds.), *Transforming organisations*. New York: Oxford University Press, S. 209-226.
8. Menzel, F. 2009, Produktionsoptimierung mit KVP - Der kontinuierliche Verbesserungsprozess für gesteigerte Konkurrenzfähigkeit. München: FinanzBuch Verlag GmbH.
9. Neubert, M.J. 1998, The value of feedback and goal setting over goal setting alone and potential moderators of this effect: A meta-analysis, *Human Performance*, 11, 321-335.
10. Rother, M. 2009, Die Kata des Weltmarktführers - Toyotas Erfolgsmethoden. Frankfurt am Main: Campus.
11. Schmidt, K.-H. & Kleinbeck, U. 2006, Führen mit Zielvereinbarung. Göttingen: Hogrefe.
12. Spear, S. & Bowen, H.K. 1999, Entschlüsselung der DNA des Toyota Produktionssystems, *Harvard Business Review*.
13. Wegge, J. 2004, Führung von Arbeitsgruppen. Göttingen: Hogrefe.
14. Wegge, J. & Schmidt, K.-H. 2009, Die Zielsetzungstheorie. In: V. Brandstätter & J. H. Otto (Hrsg.), *Handbuch der Psychologie, Band Motivation und Emotion*. Göttingen: Hogrefe, S. 174-181.



# Aufbau organisationaler Kompetenzen für die beschleunigte Umsetzung neuer Technologie in Hightech-Unternehmen

David KREMER und Jens LEYH

*Fraunhofer Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation,  
Nobelstraße 12, D-70569 Stuttgart*

**Kurzfassung:** Die Ergebnisse einer Interview-Studie zur Technologieumsetzung (Technologieadaption) zeigen, dass die organisationale Kompetenz zur schnellen Umsetzung neuer Technologie u.a. auf zentralen Aufgaben der internen Technologieumsetzung basiert. Mitarbeiter und Führungskräfte müssen die relevanten Impulse aus interner und externer Technologie- und Marktentwicklung aufnehmen, filtern, bewerten, in neue technologische Lösungen überführen, konsequent umsetzen und kundenorientiert vermarkten. Hieraus lässt sich Unterstützungspotenzial aus Sicht der Personal- und Organisationsentwicklung für die interne Umsetzung neuer externer Technologie in Hightech-Unternehmen ableiten.

**Schlüsselwörter:** Technologieadaption, Personal- und Organisationsentwicklung, organisationale Kompetenz.

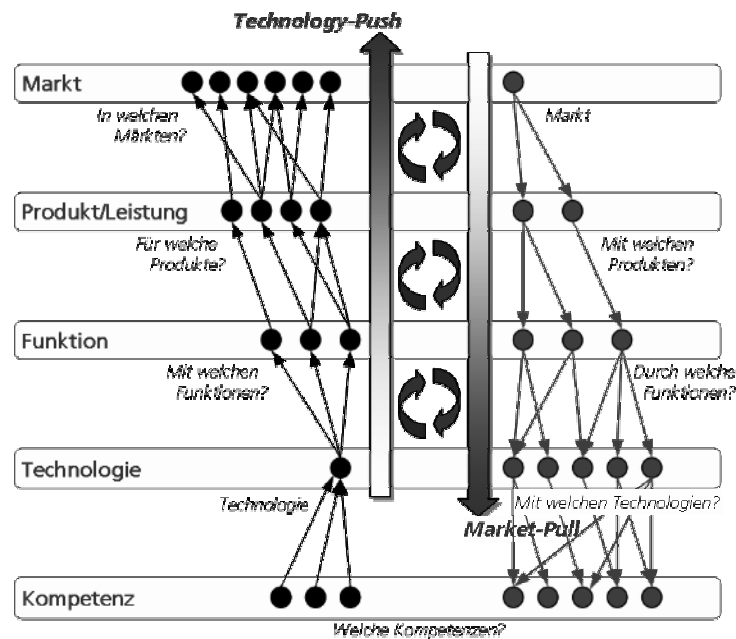
## 1. Einleitung

Vor dem Hintergrund des globalen Wettbewerbs sind Innovationen für die Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen zentral. Neue Technologien müssen im Unternehmensumfeld identifiziert, entwickelt und schnell in neue Produkte und Prozesse umgesetzt werden. Da meist nicht die Verfügbarkeit neuer technologischer Konzepte problematisch ist, sondern die interne Diffusion der neuen Technologie im Unternehmen, spielt der Prozess der Technologieadaption eine wichtige Rolle. Unter dem Begriff „Technologieadaption“ ist die Umsetzung neuer Technologien innerhalb eines Unternehmens über die Ebenen Technologie, Funktion, Produkt und Markt zu verstehen (Heubach et al. 2008; hier synonym: Technologieentwicklung), wie das Modell in Abbildung 1 zeigt.

Im Modell der Technologieadaption beschreibt der „technology-push“, wie neue Technologien oder neue Kombinationen aus Technologien den Innovationsprozess dadurch antreiben, dass durch funktionale Erfüllung der Marktanforderungen neue Problemlösungen geschaffen werden können.

In gegenläufiger Richtung, in Form des „market-pull“, bewirken neue Marktanforderungen, dass Technologien identifiziert werden, welche die geforderten Funktionalitäten und Produkteigenschaften ermöglichen. Dabei besteht die Herausforderung für Unternehmen in der Integration und Synchronisation der zwei gegenläufigen Prozesse sowie in der Entwicklung der benötigten Kompetenzen.

Aus der Perspektive des organisationalen Lernens sind für die erfolgreiche Durchführung des komplexen Technologieadaptionsprozesses organisationale Kompetenzen erforderlich, die auf der Basis von Erfahrung und in Form eines Repertoires von erprobten Verhaltensmustern angemessene Reaktionen auf entstehende Anforderungen erlauben (vgl. Levinthal 2000; Freiling 2002).



**Abbildung 1:** Modell der Technologieadaption

Ziel der im Folgenden beschriebenen qualitativen Studie war es, organisationale Kompetenzen zu erfassen, die spezifisch für den Prozess der internen Technologieumsetzung in Hightech-Unternehmen relevant sind. Darüber hinaus wurden mögliche Ansatzpunkte für Maßnahmen der Arbeitsgestaltung und Personalentwicklung zur Stärkung dieser organisationalen Kompetenzen identifiziert.

## 2. Methode

Im Rahmen einer Interview-Studie mit Technologieentscheidern aus 15 deutschen Hightech-Unternehmen wurden Anforderungen des Technologieadaptionprozesses ermittelt, die Unterstützungsbedarf aus Sicht der Arbeitsgestaltung und Personalentwicklung zeigen.

Die zweistündigen Interviews wurden mit (technischen) Vorständen und Entwicklungsleitern aus 15 deutschen Hightech-Unternehmen durchgeführt. Branchenschwerpunkte waren Maschinenbau sowie Biotechnologie, Chemie und Informationstechnik. Die Mitarbeiterzahl der teilnehmenden Betriebe umfasste 40 – 8.500 Mitarbeiter, der Jahresumsatz 2008 lag zwischen 15 Mio und 2,4 Mia Euro.

Die Interviews wurden mit Hilfe eines halbstrukturierten Fragebogens durchgeführt, in dem offene, geschlossene und Skalierungs-Fragen kombiniert wurden. Ergänzend wurde eine Skizze des im Unternehmen praktizierten Technologieadaptionprozesses erstellt.

## 3. Ergebnisse

### 3.1 Kompetenzen für neue Technologie gezielt entwickeln und einbinden

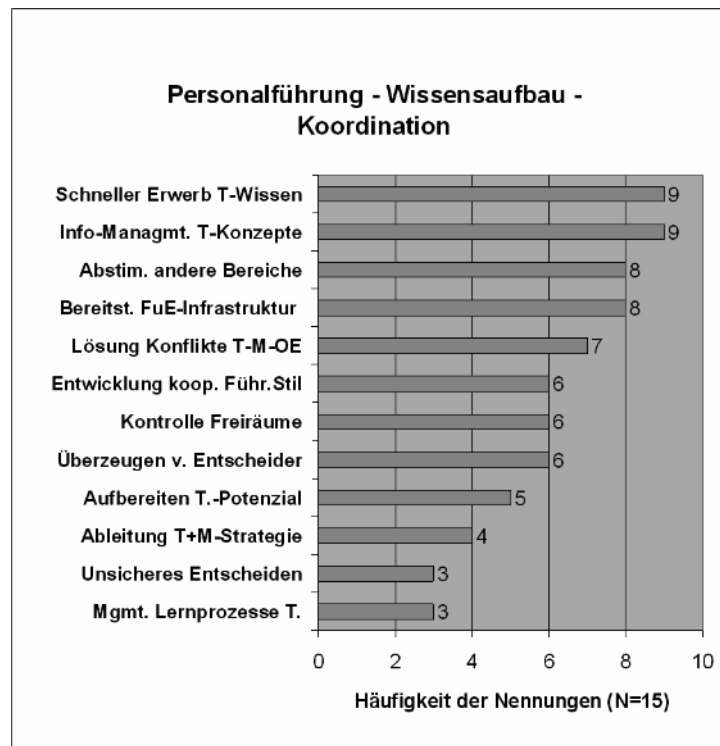
Im Technologieadaptionprozess entstehen erhöhte Arbeitsanforderungen für Mitarbeiter insbesondere durch den Bedarf nach schnellem Erwerb von technologischem Wissen sowie durch die Notwendigkeit, neue technologische Konzepte ver-



ständig aufzubereiten und zu kommunizieren (vgl. Abbildung 2).

Für Führungskräfte im Entwicklungsbereich entsteht eine wesentliche Herausforderung, neue Technologiethemen so mit dem knappen Pool an Technologieexperten im Unternehmen zu verknüpfen, dass die Kompetenz zur Beherrschung der Technologie schnell und umfassend aufgebaut werden kann. Hier zeigt sich aufgrund von teilweise sehr statischen Kompetenzzuschreibungen zu Mitarbeitern Potenzial, die neue Technologie weitaus gezielter für die Kompetenzentwicklung von Mitarbeitern zu nutzen.

## Personalseitige Anforderungen



**Abbildung 2:** Personalseitige Anforderungen der Technologieumsetzung in Hightech-Unternehmen

Die Führung von Mitarbeitern, die neue technologische Themen bearbeiten, stellt an Führungskräfte Anforderungen insbesondere in Hinsicht auf die Gewährung und Kontrolle von Freiräumen sowie die Entwicklung eines kooperativen Führungsstils.

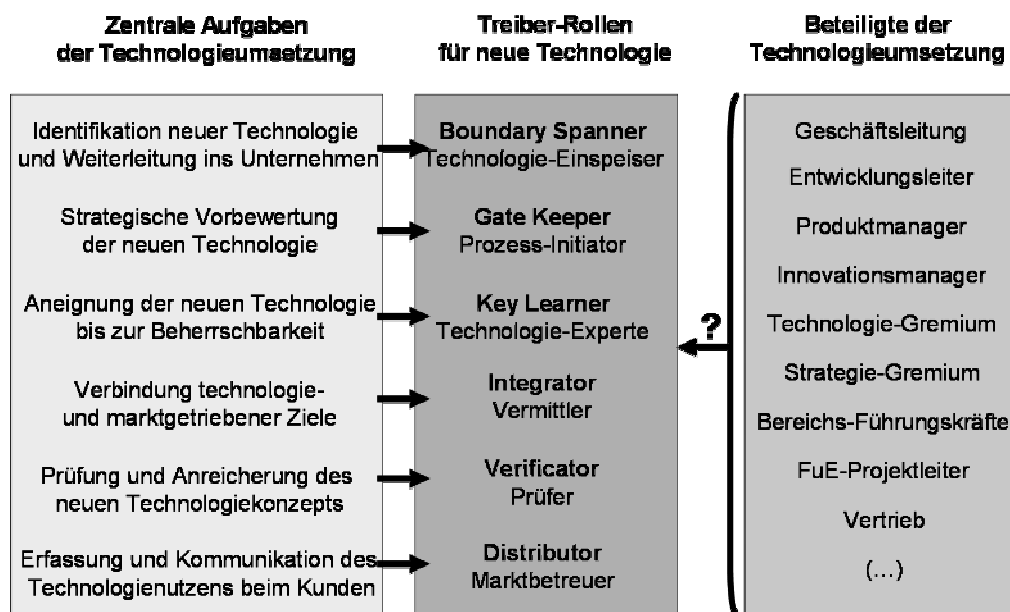
### 3.2 Zentrale Aufgaben der Technologieadaptation durch Arbeits- und Rollengestaltung lösen

Bei der innerbetrieblichen Umsetzung neuer Technologie müssen in jedem Unternehmen zentrale Aufgaben der Technologieadaptation bearbeitet und gelöst werden. Beispiele für diese zentralen Aufgaben sind die schnelle Identifikation der relevanten externen Informationsquellen oder die bereichs- und funktionsübergreifende Validierung des neuen Produktkonzeptes.

Die organisatorische und personelle Ausgestaltung der zentralen Aufgaben der Technologieumsetzung variiert in den befragten Unternehmen erheblich. So reichte die Spannbreite der Personen und Funktionen, welche die Aufgabe „Identifikation neuer Technologie im Außenraum des Unternehmens“ durchführen, je nach Unternehmen von der Geschäftsleitung über den Entwicklungsleiter, Vertrieb, Innovati-

onsmanager, Einkauf, interne Marktforschung, Patentabteilung u.a. bis hin zum „einfachen“ Mitarbeiter. Die Ergebnisse legen nahe, dass für die organisatorische Gestaltung der Technologieumsetzung je nach Unternehmenskontext ganz unterschiedliche Formen zielführend sein können. Durch geeignete Rollengestaltung müssen jedoch die zentralen Aufgaben der Technologieadaption sowie die dafür benötigten Kompetenzen und Verantwortlichkeiten den Beteiligten zugeordnet werden. Die resultierenden „Treiber-Rollen“ für neue Technologie müssen die Arbeitsteilung zwischen den Beteiligten definieren und die Rahmenbedingungen in Hinsicht auf z.B. Personalressourcen und Unternehmenskultur berücksichtigen, wie Abbildung 3 zeigt.

### Rollen für zentrale Aufgaben der Technologieadaption



**Abbildung 3:** Rollengestaltung für zentrale Aufgaben der Technologieumsetzung in Hightech-Unternehmen

## 4. Literatur

1. Heubach, D., Slama, A. & Rüger, M. 2008, Der Technologieentwicklungsprozess. In: H.-J. Bullinger (Hrsg.), Fokus Technologie. Chancen erkennen, Leistungen entwickeln. München: Carl-Hanser-Verlag.
2. Freiling, J. 2002, Terminologische Grundlagen des RBV. In: K. Bellmann, J. Freiling & P. Hamman (Hrsg.), Aktionsfelder des Kompetenz-Managements: Ergebnisse des II. Symposiums Strategisches Kompetenz-Management. Wiesbaden: Deutscher Universitäts-Verlag, S. 3-28.
3. Levinthal, D. 2000, Organizational Capabilities in Complex Worlds. In: G. Dosi, R.R. Nelson & S.G. Winter (Hrsg.), The Nature and Dynamics of Organizational Capabilities. Oxford: Oxford University Press, S. 363-376.

## **Fehlermanagement im Baubetrieb – eine Analyse der Fehlerstruktur im Vorfeld eines organisatorischen Lösungsansatzes**

Ursula RAMI, Erich KREMSMAIR und Hanns Peter EULER

*Institut für Soziologie, Abteilung Wirtschaftssoziologie und  
Stadt- u. Regionalforschung, Johannes Kepler Universität Linz,  
Altenberger Strasse 69, A-4040 Linz*

**Kurzfassung:** Fehler sind menschlich, verursachen in der Baubranche allerdings Schäden in Millionenhöhe. Zu bedenken dabei ist, dass sich die Konsequenzen von Fehlern nicht ausschließlich in den Kosten für das Material und die Arbeitszeit zur Fehlerbehebung zeigen, sondern ebenso im Image des Unternehmens und somit möglicherweise in der Auftragslage. Fehler haben auch firmeninterne Auswirkungen. Unter den Mitarbeitern kann es zu Unsicherheit und Stress kommen, wodurch die Leistung und das Betriebsklima geschwächt werden (können). Die vorliegende Untersuchung zeigt, dass in den untersuchten Betrieben keine fehlertolerante bzw. fehlerfreundliche Kultur vorherrscht und dass mit eigenen Fehlern anders als mit den Fehlern z. B. von Mitarbeitern umgegangen wird. In diesem Zusammenhang könnte der soziotechnische Systemansatz praxisrelevante Lösungen anbieten.

**Schlüsselwörter:** Fehler, Lernen, Fehlerkultur, Soziotechnischer Systemansatz.

### **1. Einleitung und Fragestellung**

Im Bereich der Bauindustrie und der Bauwirtschaft sind in Oberösterreich insgesamt rund 11.000 Arbeiter und 2.000 Angestellte beschäftigt. Wo Menschen arbeiten passieren Fehler, so auch im Baugewerbe. Den Firmen entstehen dadurch Schäden und Verluste in Millionenhöhe (nach dem Österreichischen Bauschadensbericht: 140 Millionen Euro allein Bauhauptgewerbe). Oftmals steigen die Kosten zur Behebung an, je länger qualitativ unzureichend ausgeführte Arbeiten und unzureichende Produkte oder Dienstleistungen nicht erkannt oder gar verheimlicht werden. Zusätzlich ist die Qualität von Leistungen ein wichtiger Erfolgsfaktor eines Unternehmens, wird doch der Wettbewerb um die Gunst der Kunden immer härter. Schlechtes Image, Vertrauensverlust und Verlust von Kunden führen zu Umsatzrückgängen. Nebenbei beeinträchtigen Ärger, Angst und Stress der Mitarbeiter das Betriebsklima. Gute Produkte und Dienstleistungen mit wenigen Fehlern und wenigen Reklamationen sichern neben motivierten und kompetenten Mitarbeitern dagegen die Unternehmenszukunft wie auch den Erfolg des Unternehmens.

Diese Herausforderungen und damit verbundene steigende Anforderungen an beruflich notwendige Kompetenzen werden dabei immer mehr auch an die einzelnen Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen herangetragen. Eine Erhöhung der Qualität am Bau kann aber nur dann gewährleistet werden, wenn Unternehmen Fehler als Lernchance, als Kreativitätspotential und als Orientierungshilfe sehen (können). Denn Lernen ist ein aktiver, ständiger Prozess des Problemlösens und durch Lernen aus Fehlern

können eigene Regeln und Normen gefunden werden und somit vorgegebene leichter anerkannt werden (vgl. Caspary 2008, S. 10).

Die vor kurzem abgeschlossene Studie „Fehlermanagement im Baugewerbe. Fehler erkennen, kommunizieren und zukünftig verhindern“ (Rami 2009) beantwortet einerseits die zentrale Frage, wie bringt man Fehler, die im Unternehmen passieren, in Kommunikation bzw. in einen Dialog und geht andererseits auch der Frage nach, wie Fehler im Unternehmen durch gezielte Maßnahmen bzw. Prozesse verhindert werden können? Dabei gilt, auftretende Fehler als Lernchance – im Sinne einer „lernenden Organisation“ – nutzbar zu machen, um dadurch Fehler in Zukunft zu vermeiden. Die Unternehmenskultur im Allgemeinen und die Führungskultur im Speziellen bestimmen dabei im hohem Maße die Auswirkungen von und den Umgang mit Fehlern.

Ziel dabei war, den beteiligten Unternehmen eine erste Grundlage, einen Überblick über Sichtweise und Umgang mit Fehlern seitens der Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen zu schaffen.

## **2. Methodik**

Um einen möglichst breiten Zugang zum Thema sicherzustellen und der Gewinnung der notwendigen Feldkenntnis gerecht zu werden, wurde der quantitativen Erhebung eine qualitative Studie vorgelagert. Insgesamt wurden 30 teilstrukturierte Interviews mit Mitarbeitern (Facharbeiter, Polier, Geschäftsführung) von fünf mittelständischen Baubetrieben durchgeführt. Die Interviews wurden vollständig transkribiert und in Anlehnung an die qualitative Technik der „Zusammenfassung“ nach Mayring (2007, S. 59 ff) reduziert und analysiert.

Dieser qualitativen Vorstudie folgte eine quantitative Hauptstudie mittels eines 12seitigen standardisierten Fragebogens, der für alle Unternehmen komplett identisch gehalten werden konnte. In die quantitative Befragung (N=321) wurden zum einen Personen einbezogen die an der Bauakademie OÖ im Zeitraum vom 1.2. bis 28.2.2009 eine Weiterbildungsveranstaltung besucht haben (n=152) und zum zweiten auch jene fünf Baubetriebe (n=169), die qualitativ beforscht wurden und sich wohl auch dadurch eine hohe Teilnahmebereitschaft ergab. Die Auswahl der Betriebe ergab sich somit rein aufgrund des Feldzuganges, sodass auf keine Repräsentativität für das gesamte Baugewerbe geschlossen werden darf.

## **3. Ausgewählte Ergebnisse**

Fragen in Bezug auf das Konstrukt „Fehler“ zählen – weil wertbehaftet – zu den gesellschaftlich nicht neutralen Fragen und gelten u. a. aufgrund unserer (schulischen) Sozialisation als „heikle“ Themen. Denn, wer einen Fehler macht, dem schaut der Chef über die Schulter, dem traut man weniger zu und muss ihn ständig beobachten. Somit ist auch nicht weiter überraschend, dass Fehler den meisten Befragten peinlich sind (64,6 %) und einerseits Angst vor Kritik (56,3 %) und andererseits Angst vor Bloßstellungen (50,6 %) – vor allem gegenüber den Kollegen verursachen. Fehler zu verursachen wird als peinlich empfunden und somit ist auch nicht weiter überraschend, dass Fehler fast nur von anderen (Subfirmen, Hilfskräfte, ...) zumindest in den Aussagen von Befragten verursacht werden bzw. eine entsprechende Fehlerattribution stattfindet. Als häufigste Fehlerverursacher werden von 59,4 %

die Subfirmen genannt. Immer noch deutlich mehr als die Hälfte (55,1 %) der Befragten sehen auch die Hilfskräfte als häufige Fehlerverursacher. Auch die Architekten werden häufig als Fehlerverursacher (49,2 %) genannt.

Stellt man den „Fehlerverursachern“ die „Fehlerentdecker“ gegenüber so ergibt sich ein umgekehrtes Bild. Während die „Ausgebildeten Spezialisten“ wie Poliere, Bauleiter und Facharbeiter im Spitzenfeld liegen, was die Entdeckung von Fehlern angeht, so liegen sie als Fehlerverursacher im hinteren Feld. Obwohl Poliere und Facharbeiter durch ihre gute fachliche Ausbildung und Erfahrung sicher eher Fehler entdecken als verursachen, erscheint die Häufigkeit, mit der Subfirmen und Hilfsarbeiter Fehler verursachen unverhältnismäßig. Dabei lässt sich erkennen, dass man Fehler anderen zuschreibt und auf andere abwälzt und die Fehlerentdeckung – welche nicht negativ behaftet ist – sich selbst zuschreibt. Die Problematik dabei ist, dass man sich selbst Fehler nicht eingestehen kann, um nicht als unzuverlässig zu gelten und um besser als andere dazustehen. Gleichzeitig ist man anderen gegenüber sehr großzügig bei der Entdeckung von Fehlern und verzeiht diese eher, ohne Konsequenzen daraus zu ziehen.

Die Gründe, dass Fehler gerne abgeschoben werden, liegen darin begründet, dass in vielen Unternehmen keine fehlertolerante bzw. fehlerfreundliche Kultur vorherrscht. Es sollte jedoch immer zwischen Fehler und Konsequenz unterschieden werden, da nicht jeder Fehler unweigerlich eine Konsequenz nach sich zieht. Wird jedoch ein Fehler nicht aufgedeckt, sondern verdeckt, kann es zu (erheblichen) Folgen kommen. Nur eine offene Fehlerkultur kann helfen, die positive Wirkung von früh erkannten Fehlern zu nutzen (vgl. Lang-von Wins 2008, S. 35). Die Wirksamkeit von einem Null-Fehler-Management sollte deshalb in Frage gestellt werden, da diese Vorgehensweise Fehlerverursacher noch stärker unter Druck setzen könnte und somit auch Angst unter den Mitarbeitern verbreitet.

Als häufigste Ursache für das Auftreten von Fehlern wird der „hohe Zeit- bzw. Termindruck“ gesehen (72,8 %). Fast zwei Drittel der Befragten gaben an, dass „zu wenig Zeit für die Arbeitsvorbereitung vorhanden ist“ (62,4 %) und immer noch mehr als die Hälfte sehen den Grund für Fehler darin, dass „wichtige Informationen nicht rechtzeitig weiter gegeben werden“ (58,1 %). Diesen subjektiv empfundenen Zeitdruck der Befragten sollten die Geschäftsleitungen nicht verdrängen, da Zeitdruck in enger Verbindung mit Stress steht und Stress bei der Arbeit ein weit verbreitetes Problem darstellt (Dohm et. al. 2008, S. 25 f).

Jeder zweite Befragte versucht zuerst selbst verursachte Fehler zu beheben und wendet sich erst nach der Behebung an seinen unmittelbaren Vorgesetzten. Fehler werden vor allem in der eigenen Arbeitskolonne („Partie“) kommuniziert, auch mit der Tendenz diese zu verschleiern. Dabei wird vor allem in eher informellen Situationen wie Kaffeepausen, Jausenzeit, Mittagessen oder auf dem Weg zur Baustelle über Fehler gesprochen und diskutiert. Selbstverständlich gibt es in den Baubetrieben auch Wege der formellen bzw. offiziellen Kommunikation – mit Vorgesetzten, mit der Geschäftsleitung, in offiziellen Besprechungen – hier wird aber in einem weitaus geringerem Anteil über Fehler gesprochen. Diese geplante formelle Kommunikation, welche nicht frei gestaltbar ist, sondern durch organisatorische Vorgaben über Form, Inhalte und Ablauf geregelt wird häufig in Form von Protokollen, Gesprächsnotizen wie auch Fotos verschriftlicht bzw. festgehalten. Da die Arbeitsleistung u.a. stark durch soziale Faktoren positiv beeinflusst wird, ist die informelle Kommunikation von großer Bedeutung für einen erfolgreichen Betriebsablauf (Dörfel 2008, S. 18 ff).

Das Gesprächsklima in den Baubetrieben wird von den Befragten als durchschnittlich sehr gut eingestuft, denn drei Viertel der Befragten (75,5 %) gaben an, dass „die

Gesprächspartner einander respektieren“, dass die „Gespräche offen und ehrlich“ sind wie auch „vertrauensvoll“. Laut Meinung der Befragten sind die Gespräche über Fehler zu wenig aktuell und es mangelt auch an den „genau richtigen Informationen“. Handlungsbedarf besteht am Bau deshalb vor allem in Bezug auf die Informationsaufbereitung und auf die Reaktionszeit auf Fehler. Informationen über Fehler sollen demnach präziser und lösungsorientiert formuliert werden und die Fehlerkommunikation sollte sogleich erfolgen.

#### 4. Ausblick

Auftretende Fehler können als Lernchance – im Sinne einer lernenden Organisation – nutzbar gemacht werden um dadurch Fehler in Zukunft zu vermeiden. Eine (auch aus Fehlern) lernende Organisation kann aber nur dann etabliert werden, wenn es im Unternehmen einen kommunikativen Diskurs über Fehler gibt. Über Fehler zu sprechen setzt aber auch ein großes Vertrauen innerhalb der Belegschaft und der Hierarchie voraus. Die Fehlermeldungen allein sind aber zu wenig, denn ein sinnvolles Lernen ist nur dann möglich, wenn den gemeldeten Fehlern eine Fehleranalyse folgt und darauf aufbauend ein Konzept sowohl zur Vorbeugung als auch zur Behebung von Fehlern längerfristig entsteht. Mit anderen Worten, in einer Organisation muss zur Steigerung ihrer Effizienz eine produktive Fehlerkultur gelebt werden.

Der negativen Besetzung von Fehlerphänomenen kann bei einem entsprechenden Organisationsbewusstsein konstruktive Seiten abgewonnen werden, indem sie bei entsprechender Analyse nutzbar gemacht werden, um deren Auftreten in Zukunft zu vermeiden. Einen möglichen Ansatz hierzu liefert der soziotechnische Systemansatz als Organisationsgestaltungsansatz (wie z.B. durch KVP), der das technische Subsystem mit dem sozialen Subsystem weiterentwickelt und optimiert (Sydow 1985). Konkret angewandt auf einen Baubetrieb bedeutet ein solcher Ansatz, dass maßgeschneidert auf die situativen Bedingungen (Personal, Technik, Organisation, Material, usw.) neue Lösungswege gesucht werden, um über ein sinnvolles Fehlermanagement das Auftreten von Fehlern systematisch kontrollieren und beheben zu können.

#### 5. Literatur

1. Balak, M., Hubner, W., Rosenberger, R. & Steinbrecher, M. 2008, 2. Österreichischer Bauschadensbericht. Abdichtungen im Hochbau. Erdberührte Bauteile. Wien: WK Österreich.
2. Caspary, R. 2008, Fehlerkultur – ein Paradoxon? In: R. Caspary (Hrsg.), Nur wer Fehler macht, kommt weiter. Wege zu einer neuen Lernkultur. Freiburg: Herder.
3. Dohm, S., Gerstner, A. & Schambortski, H. 2008, Grundlagen betrieblicher Gesundheitsförderung. In: H. Schambortski, (Hrsg.), Mitarbeitergesundheit und Arbeitsschutz. Gesundheitsförderung als Führungsaufgabe. München: Elsevier, Urban & Fischer.
4. Lang-von Wins, T., Riebel, C., Buchner, U. & Sandor, A. 2008, Potentialbeurteilung: diagnostische Kompetenz entwickeln – die Personalauswahl optimieren. Heidelberg: Springer.
5. Mayring, P. 2007, Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken, 9. Auflage. Weinheim: Beltz.
6. Rami, U. (Hrsg.) 2009, Fehlermanagement im Baugewerbe. Fehler erkennen, kommunizieren und zukünftig verhindern, Forschungsbericht. Linz: Eigenverlag.
7. Sydow, J. 1985, Der soziotechnische Ansatz der Arbeits- und Organisationsgestaltung: Darstellung, Kritik, Weiterentwicklung. Frankfurt am Main: Campus.



## Das Projekt balance.arbeit – Flexibilität und prospektives Ressourcenmanagement

Carolina BAHAMONDES PAVEZ, Nina SCHIML und Stephan HINRICHS

*Arbeitsgruppe Arbeits- und Organisationspsychologie, Institut für Psychologie,  
Albert-Ludwigs-Universität Freiburg,  
Engelbergerstrasse 41, D-79085 Freiburg*

**Kurzfassung:** Das Projekt balance.arbeit untersucht das Spannungsfeld zwischen Flexibilitätsanforderungen und Stabilitätswünschen von Unternehmen und Beschäftigten. Die generelle Zielstellung besteht in der Analyse und Bewertung der aktuell praktizierten Formen des Umgangs mit Flexibilitätsanforderungen und Stabilitätswünschen sowie in der Ableitung von Gestaltungsmaßnahmen aus den Ergebnissen dieser Analysen in den beteiligten Betrieben. Im vorliegenden Beitrag werden die Ausgangssituation und die geplante Vorgehensweise des Projekts sowie die verfolgten Ziele beschrieben.

**Schlüsselwörter:** Flexibilität, Stabilität, Ressourcenmanagement.

### 1. Einleitung

In vielen Unternehmen ist auch heute noch das explizite Planungswissen zur Stabilisierung der Geschäftsprozesse und der Arbeitsabläufe wesentlich weiter entwickelt, als das Wissen zu deren Flexibilisierung. Ein großer Teil der Unternehmen versucht durch Standardisierung der Prozesse eine möglichst hohe Berechenbarkeit und Beherrschbarkeit dieser Prozesse zu erreichen und dadurch deren zentrale Planung zu ermöglichen. Auftretende Schwankungen werden dabei mittels passiver Personal-, Zeit- und Materialreserven gepuffert, welche allerdings zunehmend knapp kalkuliert werden. Diese Strategien vieler Unternehmen sind aber weitgehend unzureichend, um eine Balance zwischen gewünschter Stabilität und geforderter Flexibilität herzustellen. Vielmehr bleibt die wegen unvermeidbarer Schwankungen und Störungen vor Ort notwendige Flexibilität überwiegend als „individuelle“ Anforderung an den Einzelnen oder die Arbeitsgruppe in den operativen Bereichen bestehen. Diese entwickeln meist intuitive und erfahrungsgeleitete, zentral kaum bekannte und geregelte Strategien, um die markt- und kundengetriebenen Flexibilitätsansprüche – häufig auch entgegen der Standardisierungslogik – in ihrem konkreten Arbeitsalltag erfüllen zu können (Böhle et al. 2004; Pfeiffer 2004; Pfeiffer et al. 2008).

Der Balancearbeit zwischen Flexibilitätsanforderungen und Stabilitätswünschen kommt also ein zentraler Stellenwert zu, wenn sowohl die produktiven Ziele erreicht als auch die Humanressourcen gefahrungsfrei eingesetzt werden sollen. Die betrieblichen Strategien des Ausgleichs von Schwankungen sind gut erforscht und evaluiert, doch wie beschrieben als eher unzureichend zu betrachten. Die eher intuitiven und erfahrungsgeleiteten Strategien der Beschäftigten vor Ort, ihre Versuche, vorausschauend Ressourcen und Kompetenzen zur Prävention von Schwankungen zu entwickeln, statt diese lediglich auszugleichen, sind dagegen noch weitgehend unbekannt.

Das interdisziplinäre Verbundprojekt balance.arbeit beschäftigt sich mit diesen Fragen, nämlich wie ein Übergang von einem eher reaktiven Störungs- zu einem

prospektiven Ressourcenmanagement geschaffen werden kann. Das zugrunde liegende Verbundvorhaben *balance.arbeit* wird mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung sowie des Europäischen Sozialfonds (Förderkennzeichen: 01FH09047) gefördert.

## 2. Ziel des Projekts

Das Ziel des Projekts *balance.arbeit* besteht in der Etablierung einer stabilen Kompetenz zur Flexibilität. Das Ziel muss somit die Schaffung einer neuen Qualität des Zusammenwirkens von Stabilität und Flexibilität sein, nämlich der stabilen Kompetenz zur Flexibilität – nachfolgend als *Flexability* bezeichnet (vgl. u.a. Schweinsberg 2006; Wolff 2005). Dabei geht es nicht nur darum, lokal rasch auf vorhandene Störungen zu reagieren. Denn durch den oft damit verbundenen Mehraufwand und die Hektik gilt diese Strategie des reaktiven Störungsmanagements als relativ ineffektiv und für die Betroffenen belastend (Ulich & Wülser 2005). Das Ziel besteht vielmehr darin, gemeinsam mit dem zentralen Management prospektiv Ressourcen zu schaffen, um Schwankungen und Störungen mit integrierten Maßnahmen flexibel auffangen zu können. Prospektive Ressourcenmanagementstrategien gelten als wesentlich effektiver und belastungsärmer. Zu den wichtigsten Ressourcen gehören dabei u.a. die Schaffung von Polyvalenz sowie die Kompetenz und die Spielräume zur realistischen Zeit-, Kapazitäts- und Ressourcenplanung (Ulich 2005). Es geht also sowohl um personen- als auch um bedingungsbezogenen Maßnahmen. Diese Strategie ist zwar mit höheren Kosten und mehr Aufwand verbunden, lohnt sich jedoch mit Blick auf den wesentlich höheren Nutzen für die Produktivität und die günstigeren Folgen für die Mitarbeiter auch für das Unternehmen (Schüpbach 2009).

Trotz der vielen Vorteile eines prospektiven Ressourcenmanagements, fehlt es an der Explikation dieser Strategie. Dies hat zur Folge, dass

- die Anwender dieser Strategie zwar wissen, dass sie mit den Flexibilitätsanforderungen gut zurechtkommen, selbst jedoch nur schlecht erklären können, warum und wie sie dies schaffen. Sie mobilisieren dafür intuitives Erfahrungswissen.
- diese Strategie bzw. die damit verbundene Kompetenz nicht an andere, im Umgang mit den Flexibilitätsanforderungen weniger effektive Arbeitseinheiten weitergegeben werden.
- das Wissen bzw. die Kompetenz nicht für die Flexibilisierung der zentralen Planung und Steuerung verfügbar gemacht werden kann, so dass der Gegensatz zwischen zentralen Stabilisierungsbemühungen und dezentralen Flexibilisierungsanforderungen bestehen bleibt.

Das Projekt *balance.arbeit* möchte daher einen Beitrag zur Explikation und damit zu den Möglichkeiten der Umsetzung und Verbreitung prospektiver Ressourcenmanagementstrategien leisten.

## 3. Prospektives Ressourcenmanagement und Flexability – Das Projektvorgehen

Das angestrebte Vorgehen im Projekt besteht aus mehreren Schritten, wie im Folgenden beschrieben wird. Im ersten Schritt steht die Frage im Mittelpunkt, welche besonderen Fähigkeiten, Kompetenzen, Strategien sowie Rahmenbedingungen den

erfolgreichen Umgang mit Flexibilitätsanforderungen ermöglichen und gleichzeitig den Stabilitätswünschen der Unternehmen und Mitarbeiter gerecht werden. Den gezielten und erfolgreichen Umgang mit dem Spannungsfeld zwischen Flexibilitätsanforderungen und Stabilitätswünschen im Unternehmen bezeichnen wir als Balancearbeit. Sie ist in den Produktionsprozessen überall dort notwendig, wo Schwankungen und Störungen Flexibilität erfordern. Dabei gibt es Mitarbeitende, welche mit der Balancearbeit gut zurechtkommen, d.h. über besonders günstige Kompetenzen und Strategien verfügen, also hohe erfahrungsbasierte Flexability. Diese werden nachfolgend als Best-Performer bezeichnet.

Auf der Bedingungsseite setzt Balancearbeit das Vorhandensein von Kapazitäten und Puffern (z.B. Zeit-, Material-, Personal-Puffer) voraus. Eine Formulierung der Rahmenbedingungen – im Sinne einer prospektiven Planung von Ressourcen bei der Gestaltung und Organisation von Arbeit – sollte also Balancearbeit fördern. Folgende Informationen werden dafür benötigt:

- Wie viel Flexibilität bzw. Kapazitäten und Puffer werden vor Ort gebraucht, um trotz Schwankungen und Störungen die Termin- und Qualitätsanforderungen sowie andere Ansprüche erfüllen zu können?
- Was sind aktuell die Stabilitätswünsche (Vorgaben, Standardvorgehen usw.) in der zentralen Planung sowie typische Situationen oder Anforderungen, die Flexibilität erfordern? Wo liegen die Hemmnisse der Flexibilisierung der zentralen Planung?
- Wie wird von der Arbeitsgruppe bzw. dem Best-Performer konkret der Flexibilitätsbedarf bestimmt? Nach welchen Kriterien bestimmen sie im konkreten Einzelfall, ob die Kapazitäten und Puffer ausreichen?

Auf der personbezogenen Seite spielen die Best-Performer eine entscheidende Rolle. Diese Mitarbeiter besitzen für die Balancearbeit sowie vermutlich für andere Aufgaben- und Funktionsbereiche die wirkungsvollsten Lern- und Arbeitsstrategien. Die ausschlaggebende, leistungsbestimmende Rolle haben dabei Strategien und Metastrategien im Sinne von Arbeitsverfahren und verallgemeinerten Arbeitsverfahren (Hacker 1992, 2005). Best-Performer verfügen bezüglich dieser Fragen über intuitive Erfahrungswerte. Explizite Beschreibungen der methodischen Kompetenzen liegen allerdings kaum vor, ebenso wenig spezifische Unterstützungsinstrumente (Grote et al. 2006; Erpenbeck & v. Rosenstiel 2003). Somit ist die Forschung auf das implizite Erfahrungswissen der Best-Performer angewiesen. Bislang ist kaum untersucht, wie die Arbeitsgruppen und einzelnen Mitarbeitenden im Arbeitsalltag Balancearbeit betreiben. Daraus ergeben sich folgende Fragen:

- An welchen Erfahrungen orientieren sich Best-Performer, wenn sie den Flexibilitätsbedarf bestimmen? Welche Informationen berücksichtigen sie?
- Welche besonderen Qualifikationen haben sie?
- Wie lässt sich insbesondere das Erfahrungswissen älterer MitarbeiterInnen an die noch unerfahrenen jüngeren Kollegen weitervermitteln? Unter demografischen Gesichtspunkten kommt dieser Fragestellung eine hohe Bedeutung zu.

Zur Beantwortung dieser Fragen werden qualitative (Interviews und Gruppendiskussionen) sowie quantitative (Fragebogen und Tagebuch) Methoden eingesetzt. Die Analyseergebnisse sollen ein vollständiges Bild darüber geben, welche Voraussetzungen auf der Bedingungs- sowie Personenseite vorhanden sein sollen, um prospektives Ressourcenmanagement und dadurch Balancearbeit zu fördern.

In einem zweiten Schritt werden auf Grundlage dieser Analyseergebnisse sowie durch die Durchführung von Lernaufgaben-Workshops Qualifikationsanforderungen für Flexability-Manager abgeleitet. Im Pilotunternehmen sollen insbesondere Best-

Performer zu Flexability-Managern ausgebildet werden, deren Aufgabe dann sowohl die Kompetenzentwicklung der übrigen Beschäftigten in den Arbeits- bzw. Lernprozessen als auch die balanceorientierte Prozessbegleitung zwischen den Bereichen sein wird. Die Flexability-Manager werden begleitend betreut.

Abschließend werden die Ergebnisse der Analysen und der Gestaltungsaktivitäten in den Pilotunternehmen verdichtet, generalisiert und gestaltungsorientiert aufbereitet. Dadurch sollen ein praxistaugliches und transferfähiges Konzept sowie ein Methodenkoffer entstehen, der die Verbreitung prospektiver Ressourcenmanagementstrategien entscheidend unterstützt. Darin werden Anforderungsdimensionen von Balancearbeit definiert und beschrieben, situationsspezifische Kompetenzaspekte dargestellt und hemmende sowie förderliche Faktoren der Arbeits- und Organisationsgestaltung exemplarisch benannt.

#### 4. Literatur

1. Böhle, F., Pfeiffer, S. & Sevsay-Tegethoff, N. (Hrsg.) 2004, Die Bewältigung des Unplanbaren. Wiesbaden: Verlag für Sozialwissenschaften.
2. Erpenbeck, J. & Rosenstiel, L.v. 2003, Handbuch Kompetenzmessung: Erkennen, verstehen und bewerten von Kompetenzen in der betrieblichen, pädagogischen und psychologischen Praxis. Stuttgart: Schäffer-Poeschel.
3. Grote, S., Kauffeld, S. & Frieling, E. (Hrsg.) 2006, Kompetenzmanagement. Stuttgart: Schäffer-Poeschel.
4. Hacker, W. 1992, Expertenkönnen. Göttingen: Hogrefe.
5. Hacker, W. 2005, Allgemeine Arbeitspsychologie. Bern: Huber.
6. Pfeiffer, S. 2004, Arbeitsvermögen. Ein Schlüssel zur Analyse (reflexiver) Informatisierung. Wiesbaden: Verlag Sozialwissenschaften.
7. Pfeiffer, S., Ritter, T. & Treske, E. 2008, Work Based Usability. Produktionsmitarbeiter gestalten ERP-Systeme „von unten“ – eine Handreichung. München: ISF Aktuell.
8. Schweinsberg, A. 2006, Flexibilität und Stabilität globaler Unternehmenskooperationen: eine akteurorientierte Untersuchung der Binnenstabilität virtueller Unternehmen. Aachen: Shaker.
9. Ulich, E. 2005, Arbeitspsychologie. Zürich: vdf.
10. Ulich, E. & Wülser, M. 2005, Gesundheitsmanagement in Unternehmen. Arbeitspsychologische Perspektiven. Wiesbaden: Gabler.
11. Wolff, C. 2005, Stabilität und Flexibilität von Kooperationen: Entwicklung einer wettbewerbsorientierten Flexibilitätstheorie am Beispiel der Automobilbranche. Wiesbaden: Deutscher Universitäts-Verlag.

## cADP- Ergonomie im interdisziplinären Kontext

Alexandra FEITH, Christina KÖNIG, Jürgen RAMBO, Marc RICHTER,  
Susanne NASS und Christian GEIS

*Institut für Arbeitswissenschaft, Datenverarbeitung in der Konstruktion,  
Produktentwicklung und Maschinenelemente, TU Darmstadt,  
Petersenstraße 30, D-64287 Darmstadt*

**Kurzfassung:** Die Ausbildung in den wissenschaftlichen Disziplinen Maschinenbau und Design ist meist fachspezifisch. Allerdings erwarten die Absolventen im späteren Arbeitskontext immer häufiger interdisziplinäre Team- und Projektarbeit in virtuellen Teams. In einer Veranstaltung, die gemeinsam mit der Technischen Universität und der Hochschule Darmstadt organisiert wird, werden Studierende gezielt in diesen interdisziplinären Kontext gesetzt. Unterstützung finden sie dabei durch ein Datenmanagementsystem, das ihnen erlaubt sich virtuell auszutauschen. In verschiedenen Monitoring-Studien wurde dieser Einsatz in den einzelnen Teamsituationen untersucht. Eine aktuelle Studie aus dem Bereich der Soziolinguistik analysiert den tatsächlichen Sprachgebrauch dieser Teams und zeigt die Unterschiede in den beiden Fachsprache der teilnehmenden Disziplinen auf. Diese geben Rückschluss auf die organisationale Struktur von Teams und das Rollenverständnis der Teammitglieder als Expert/inn/en ihres Faches.

**Schlüsselwörter:** Interdisziplinäre Teams, rechnerunterstützte kollaborative Produktentwicklung, CSCW, Soziolinguistik.

### 1. Einleitung

Absolventen wissenschaftlicher Disziplinen erwartet trotz fachspezifischer Ausbildung im späteren Arbeitskontext immer häufiger Team- und Projektarbeit interdisziplinärer Natur: Einzelne Spezialisten werden für die Dauer eines Projektes zu einem Team zusammengestellt, in dem jeder eine fachspezifische Rolle einnimmt. Wie sich diese Teams und Teams im Allgemeinen organisieren, ist eine Frage, mit der sich die Arbeits- und Prozessorganisation in der ergonomischen Forschung beschäftigt und deren Aspekte derzeit an der TU Darmstadt interdisziplinär betrachtet werden.

Sind die Teammitglieder zeitlich und örtlich verteilt und arbeiten rechnerunterstützt zusammen, werden diese auch als virtuelle Teams bezeichnet. In der Realität finden sich vor allem Mischformen: Die einzelnen Teammitglieder kommunizieren dabei teilweise persönlich (Face-to-Face), teilweise über Telefon, E-Mail, Chat, etc. im Sinne der Computer Supported Collaborative Work (CSCW). Diese Arbeitsweise erfordert eine hohe Flexibilität und Selbstverantwortlichkeit sowie die Fähigkeit unterschiedliche Kommunikationsweisen zielgerichtet zu nutzen.

Web 2.0 Techniken können bei virtuellen Teams die Kommunikation unterstützen und auch die Kohärenz der Gruppe fördern (nach Keiser 2002). Der Einsatz von modernen Medien in der Hochschule ist jedoch vergleichsweise gering (vgl. Kerres et al. 2009), obwohl Studierende hohe Nutzungsraten der Web 2.0 Techniken im privaten Bereich aufweisen (Kleinmann et al. 2008). In vielen Fällen werden Web 2.0 Techniken allein zur Verbreitung von Unterrichtsmaterialien verwendet, vergleichbar einem



Handapparat in Fachbibliotheken („digitaler Copyshop“, Kleinmann 2009). Des Weiteren ist Gruppenarbeit von Studierenden an Hochschulen zwar durchaus üblich, jedoch bestehen viele dieser Gruppen nur für kurze Zeit oder verzichten aus unterschiedlichen Gründen auf Interdisziplinarität oder interkulturelle Zusammensetzung. In einer Reihe kollaborativ angelegter „Advanced Design Projects“ (ADP) versuchen die Autoren, dies zu ändern und interdisziplinäres, interkulturelles und relevantes Arbeiten im Team auch wissenschaftlich zu begleiten.

## **2. ADP und cADP**

Ein ADP ist eine im Lehrplan des Fachbereichs Maschinenbau der Technischen Universität Darmstadt fest verankerte, teamorientierte Projektarbeit am Ende des Masterstudiums. Es soll möglichst selbstständig nach dem Prinzip der minimalen Hilfe von den Studierenden bearbeitet werden und auf die berufliche Praxis vorbereiten. Die Aufgabenstellung wurde in Zusammenarbeit mit den Fachgebieten Datenverarbeitung in der Konstruktion (DiK, Prof. Anderl), Institut für Arbeitswissenschaft (IAD, Prof. Bruder) sowie Produktentwicklung und Maschinenelemente (pmd, Prof. Birkhofer) der TU Darmstadt und dem Fachbereich Gestaltung der Hochschule Darmstadt (h\_da, Prof. Phillips) fachgebiets- und fachbereichsübergreifend zum kollaborativen ADP (collaborative Advanced Design Project) erweitert. Die einzelnen studentischen Teams setzen sich aus drei bis vier angehenden Ingenieurinnen und Ingenieuren und ein bis zwei Designer/innen zusammen. Der Fokus der cADP Aufgabenstellung wurde auf frühe Phasen einer rechnerunterstützten Entwicklung ergonomie- und designorientierter Produkte von der Idee bis zum virtuellen Prototypen gelegt. Eine Aufgabe der Studierenden ist, ihre Entwicklung unter dem Einsatz disziplintypischer, aufgabenangemessener Methoden mit selbstständig in der Gruppe verteilten Fachexperten-Rollen durchzuführen.

## **3. Arbeitsmittel**

Zur Unterstützung der cADP wurden bisher verschiedene rechnerunterstützte Arbeitsmittel (Werkzeuge, Methoden, Medien) evaluiert, welche neben der Organisation und Reflexion des eigenen Wissens insbesondere auch die internetgestützte Kommunikation, Koordination und damit Kollaboration im Team unterstützen sollen (vgl. Rambo et al. 2008).

Vielversprechend für die frühen Phasen der Produktentwicklung sind dabei insbesondere Arbeitsmittel zur Unterstützung des menschlichen „problemlösenden Denkens“. Einer Modellvorstellung unseres Gedächtnisses folgend, basiert dieses auf einer mit Knoten-Kanten-Diagrammen vergleichbaren hierarchisch-semanticen Organisation der Informationen in Form von netzwerkartigen Strukturen (vgl. Spada 2006). Darauf aufbauend wurde Conceptmapping nach Novak (1998) und eine entsprechende Client-Server-Software cMap Tools als Arbeitsmittel (vgl. z.B. Mandl et al. 2000; Kirschner et al. 2003; Keller & Tergan 2005) zur Unterstützung der Produktentwicklung eingesetzt (vgl. Rambo et al. 2007; Rambo et al. 2008; Richter et al. 2008; König et al. 2009). Damit kann jede Gruppe ihr Wissen zum Produkt und zum Prozess der Produktentwicklung in netzwerkartigen Strukturen organisieren und mit den dazu erzeugten Dokumenten verbinden. Darüber hinaus unterstützt das Werkzeug jedes Team, auch bei der virtuellen Kommunikation.



#### 4. Interdisziplinäre und virtuelle Teamarbeit

Als Team werden Arbeitsgruppen bezeichnet, die u. a. gemeinsame Werte, Normen und Praktiken sowie Gelegenheit zur signifikanten, bedeutungsvollen Interaktion besitzen (Köppel 2007). Gegenüber anderen Personen bzw. nach außen erfolgt eine Abgrenzung; innerhalb der Gruppe entstehen eine Strukturierung und ein Wir-Gefühl. Formelle Teams oder Gruppen sind im Gegensatz zu informellen in einen externen Rahmen eingebunden und werden bewusst und strukturiert eingesetzt. Neben unterschiedlicher kultureller Zugehörigkeit und Altersunterschieden sind vor allem unterschiedliche fachliche Hintergründe Ursache einer starken Diversität bzw. Heterogenität einer Gruppe, die sowohl Vor- als auch Nachteile für die Teamleistung und

-dynamik mit sich bringt. So entstehen beispielsweise innerhalb des formellen Teams auch informelle Subgruppen, die untereinander eine stärkere Kohäsion empfinden und sich gegen andere Teammitglieder eventuell abgrenzen, so dass die gemeinsame Arbeit im Team erschwert wird. Auch Missverständnisse durch unterschiedliche Fachsprachen sind möglich.

Eine Besonderheit stellen virtuelle Teams dar, die sich durch eine zeitliche, räumliche und organisatorische Entkopplung von Arbeitsprozessen unter Nutzung von Kommunikationstechnologien (Herczeg et al. 2000) auszeichnen.

Während im beruflichen Kontext eine stärkere Internationalisierung und Globalisierung als Grund für virtuelle Teams sowie eine stärkere Flexibilisierung der Arbeitswelt genannt wird (Köppel 2007), spielt im universitären Kontext vor allem die unterschiedliche zeitliche und räumliche Verfügbarkeit der studentischen Teammitglieder über den Projektverlauf eine wesentliche Rolle. Häufig sind virtuelle Teams auch interdisziplinär besetzt, da durch den Einsatz der Kommunikationsmittel eine Zusammenarbeit unterschiedlicher Fachexperten leichter organisiert werden kann. Gleiches gilt für die gemeinsame Arbeit in internationalen und interkulturellen Teams.

#### 5. Monitoring-Studien

Die Entwicklung der einzelnen Gruppen, wie etwa ihr Fach- und Rollenverständnis, wurde bereits in verschiedenen Monitoring-Studien beobachtet (vgl. Rambo et al. 2007; Rambo et al. 2008; Richter et al. 2008; König et al. 2009). In den bisherigen Studien wird nachgewiesen, wie das angewandte Tool von den Studierenden akzeptiert wurde. Eine aktuelle Studie untersucht das interdisziplinäre Sprachverhalten, um aufzuzeigen, wie Studierende in Teams ihre Organisation sprachlich aushandeln. Darüber hinaus werden Kennzeichen der Fachsprachen interdisziplinärer Teams identifiziert. Dafür setzt die aktuelle Monitoring-Studie eine korpusbasierte Registerstudie ein, die auf der theoretischen Basis der Systemisch-Funktionalen Linguistik (Halliday 1985) die einzelnen Register der beteiligten Fachsprache basierend auf den Sprachdaten der Veranstaltung untersucht. Register sind Sprachvarietäten, die sich aus den unterschiedlichen sozialen Situationen der Sprechenden ergeben (Biber & Fingan 1994) (beispielsweise ein Geschäftstelefonat im Unterschied zu einem Telefonat mit einem Familienangehörigen). Hierfür werden die schriftlichen und mündlichen Texte der Studierenden zu einem Korpus aufgebaut, anhand der tatsächlich verwendeten Lexik und Grammatik analysiert und nach Unterschieden in den beiden Fachsprachen der Disziplinen Design und Konstruktion untersucht.

Ergebnis der Studie wird eine Beschreibung von sprachlichen Mustern von interdisziplinären Teams sein, welche Ursachen für aufgetretene Missverständnisse zwi-

schen den Disziplinen zu erklären versucht und Rollenverständnisse einzelner Teammitglieder aufdeckt, so wie sie sich sprachlich zeigen.

## 6. Literatur

1. Biber, D. & Finegan, E. 1994, Introduction. Situating register in sociolinguistics. In: D. Biber & E. Finegan (Ed.), *Sociolinguistic perspectives on register*. New York: Oxford University Press, S. 3-12.
2. Halliday, M.A.K. 1985, *An introduction to functional grammar*. London: Arnold.
3. Herczeg, M., Janfeld, B., Kleinen, B., Kritzenberger, H., Paul, H. & Wittstock, M. 2000, *Virtuelle Teams. Erkenntnisse über die Nutzung von Video Conferencing und Application Sharing bei der Unterstützung virtueller Teams*. Gelsenkirchen: Institut für Arbeit und Technik.
4. Keiser, O. 2002, *Virtuelle Teams: konzeptionelle Annäherung, theoretische Grundlage und kritische Reflexion*. Frankfurt am Main: Lang.
5. Keller, T. & Tergan, S.O. 2005, *Knowledge and Information Visualization, Searching for Synergies*. Berlin: Springer.
6. Kerres, M., Ojstersek, N., Preussler, N. & Startmann, J. 2009, E-Learning-Umgebungen in der Hochschule: Lernplattformen und persönliche Lernumgebungen. In: U. Dittler, J. Krameritsch, N. Nistor, C. Schwarz & A. Thillosen (Ed.), *E-Learning: Eine Zwischenbilanz. Kritischer Rückblick als Basis eines Aufbruchs*. Münster: Waxmann, S. 101-115.
7. Kirschner, P.A., Shum, S.J.B. & Carr, C.S. 2003, *Visualizing Argumentation - Software Tools for Collaborative Educational Sense-Making*. London: Springer.
8. Kleinmann, B. 2009, Technologiedefizite technologiebasierter Lehre? Unzeitgemäße Betrachtungen zu E-Learning im Hochschulkontext. In: U. Dittler, J. Krameritsch, N. Nistor, C. Schwarz & A. Thillosen (Ed.), *E-Learning: Eine Zwischenbilanz. Kritischer Rückblick als Basis eines Aufbruchs*. Münster: Waxmann, S. 71-89.
9. Kleinmann, B., Ökilic, M. & Göcks, M. 2008, Studieren 2.0 Studienbezogene Web- und E-Learning-Dienste, HISBUS-Kurzinformation, Nr. 21. Hannover. Im Internet verfügbar unter: <https://hisbus.his.de/hisbus/docs/hisbus21.pdf> (letzter Zugriff: 09.10.2009)
10. König, C., Richter, M., Geis, C., Malzacher, J. & Rambo, J. 2009, cADPs – Neue Arbeitsmittel und Evaluierungsansätze zur interdisziplinären Zusammenarbeit. In: N. Hentsch (Ed.), *Innovation durch Design: Technisches Design in Forschung, Lehre und Praxis*, 3. Symposium Technisches Design Dresden 2009. Dresden: TUDpress – Verlag der Wissenschaften.
11. Köppel, P. 2007, *Konflikte und Synergien in multikulturellen Teams. Virtuelle und face-to-face-Kooperation*. Wiesbaden: Deutscher Universitätsverlag.
12. Mandl, H. (Ed.) 2000, *Wissen sichtbar machen, Wissensmanagement und Mapping-Techniken*. Göttingen: Hogrefe.
13. Novak, J. 1998, *Learning, creating, and using knowledge concept Maps as facilitative tools in schools and corporations*. Mahwek: Lawrence Erlbaum.
14. Rambo, J., Richter, M., Geis, C. & Malzacher, J. 2008, Designmapping: Ein Arbeitsmittel für die kollaborative Produktentwicklung zwischen Ingenieuren und Designern, Paper presented at the 2. Symposium Technisches Design. Dresden.
15. Rambo, J., Schendel, C. & Richter, M. 2007, The use of Concept Mapping to support collaborative Advanced Design Projects. In: *Proceedings of the ICED 07, Paris*.
16. Richter, M., Rambo, J. & Geis, C. 2008, Design Mapping: Supporting collaborative Advanced Design Projects with mapping techniques. In: A. Clarke (Ed), *Proceedings of the E&PDE08 'New Perspectives in Design Education'*, Barcelona, Spain.
17. Spada, H. 2006, *Lehrbuch allgemeine Psychologie*, 3. Auflage. Bern: Huber.

# Projekthaus METEOR® - Forschen und Arbeiten in der Arbeitswelt von Morgen

Stev GLÖCKNER und Birgit SPANNER-ULMER

*Professur Arbeitswissenschaft, Technische Universität Chemnitz,  
Erfenschlager Straße 73, D-09125 Chemnitz*

**Kurzfassung:** Das Projekthaus METEOR – Mensch-Technik-Organisation® bietet ideale Voraussetzungen, um die Auswirkungen des Wandels von Technik und Organisation auf den Menschen interdisziplinär und in Kooperation zwischen Hochschule und Industrie zu untersuchen sowie innovative Lösungsansätze zu entwickeln und zu testen. Dies erfolgt in einer kreativen, motivierenden und funktionalen Arbeitsumgebung, welche sich durch effiziente Kommunikationsprozesse, moderne Kommunikationstechnik sowie anforderungsgerechte Arbeitsorganisation auszeichnet. Die Funktionalität des Gebäudes erlaubt darüber hinaus die Nutzung des Hauses als Forschungsobjekt.

**Schlüsselwörter:** Arbeitsorganisation, Arbeitsumwelt, Kollaborative Arbeit, interdisziplinäre Kooperation.

## 1. Motivation

Die Arbeitswelt des neuen Jahrtausends steht unter dem Einfluss vieler veränderter Faktoren. Die Entwicklung neuer Technologien, insbesondere im Bereich der Kommunikation (z.B. E-Mail, Instant Messaging, Telefon- und Videokonferenzen), ist mit neuartigen, teilweise noch nicht untersuchten Anforderungen an die Nutzer verbunden. Ein gesellschaftlicher Wertewandel führt dazu, dass Themen wie Gesundheit, Wohlbefinden oder Work-Life-Balance entscheidenden Einfluss auf die Motivation, Leistungsfähigkeit und damit die Arbeitsergebnisse der Mitarbeiter haben. Auch Wettbewerbsdruck und immer kürzer werdende Produktlebenszyklen erfordern neue Modelle und Ideen zur Arbeitsorganisation. Nicht zuletzt ist es der Mensch, der von dieser Veränderung am stärksten betroffen ist und gleichzeitig das höchste Potenzial besitzt, diese neuen Einflussfaktoren für effizientere Prozesse und intelligentere Produkte zu berücksichtigen.

## 2. Zielstellung

Eine entscheidende Fragestellung ist in diesem Zusammenhang, wie die Organisation und Prozesse in zukünftigen Arbeitswelten so beeinflusst werden können, dass durch eine gezielte Förderung von Kreativität und Kommunikation die Motivation, Leistung und Innovationsfähigkeit der Mitarbeiter optimal genutzt werden können (Spath 2003). Diesen Herausforderungen wird sich das Projekthaus METEOR – Mensch-Technik-Organisation® stellen. Ziel ist es, ideale Voraussetzungen zu schaffen, um die Auswirkungen des Wandels von Mensch, Technik und Organisation interdisziplinär und in Kooperation zwischen Wissenschaft und Industrie zu untersuchen, innovative Lösungsansätze zu entwickeln und diese zu testen. Vor dem Hintergrund, dass sich 80% der innovativen Ideen aus direkter Kommunikation entwick-

keln (Allen 1970), findet die Gestaltung der Kommunikationsprozesse und die Möglichkeit zum interdisziplinären Austausch besondere Berücksichtigung im Projekthaus. Zudem soll das Haus selbst als Forschungsobjekt dienen und eine anwendungsorientierte Forschung zu Themen der Arbeitsumwelt (z.B. Licht, Schall, Klima) ermöglichen. Ferner soll es die Möglichkeit bieten Untersuchungen von Prozessabläufen und Organisationsmodellen sowie zum tätigkeitsabhängigen Nutzerverhalten durchzuführen. Im Projekthaus METEOR sollen zukünftig Lösungsansätze für Produkte, mit Fokus auf die Mensch-Maschine Schnittstelle, und Prozesse, insbesondere in indirekten und medizinischen Bereichen, entwickelt werden. Weitere Forschungsthemen werden der demographische Wandel, Usability, Anlaufprozesse, Produktionssysteme sowie interkulturelle Produkt- und Prozessgestaltung sein. Die Entwicklung von Assistenzsystemen für Produkt, Prozess und Administration nimmt dabei einen besonderen Stellenwert ein.

Mit dem Einsatz neuer Technologien, Prozessen und Organisationsmodellen sind hohe Anforderungen an die Kompetenzen der Mitarbeiter verbunden. Diesen Anforderungen wird das Projekthaus, neben dem fachlichen Hintergrund der Universität, durch eine entsprechende Infrastruktur zur Kompetenzvermittlung in einem praxisnahen Umfeld gerecht. Das bedeutet es wird über ein integriertes Test- und Trainingscenter verfügen, welches an die Anforderungen der Kompetenzvermittlung angepasst und nutzungsabhängig ausgestattet sein wird.



**Abbildung 1:** Projekthaus METEOR - Mensch-Technik-Organisation" – Rendering, Bildquelle: ArGe MTO | ABK ARCHITEKTEN GMBH | iproplan Planungsgesellschaft mbH

### 3. Umsetzung

Mit dem Projekthaus METEOR wird die direkte Kommunikation als Grundlage der Innovationsentwicklung in den Mittelpunkt gestellt. Dafür wird eine Arbeitsumgebung geschaffen, welche ideale Voraussetzungen für einen kreativen Austausch, eine konstruktive Zusammenarbeit und eine hohe Motivation der Projektbeteiligten bewirkt. Einen hohen Einfluss bei der Gestaltung einer Arbeitsumgebung besitzen dabei die Gestaltungsfaktoren „Eignung für die Kommunikationsarbeit“, „tätigkeitsgerechte Büroform“ und „ergonomische Qualität der Möblierung“, darüber hinaus haben auch die

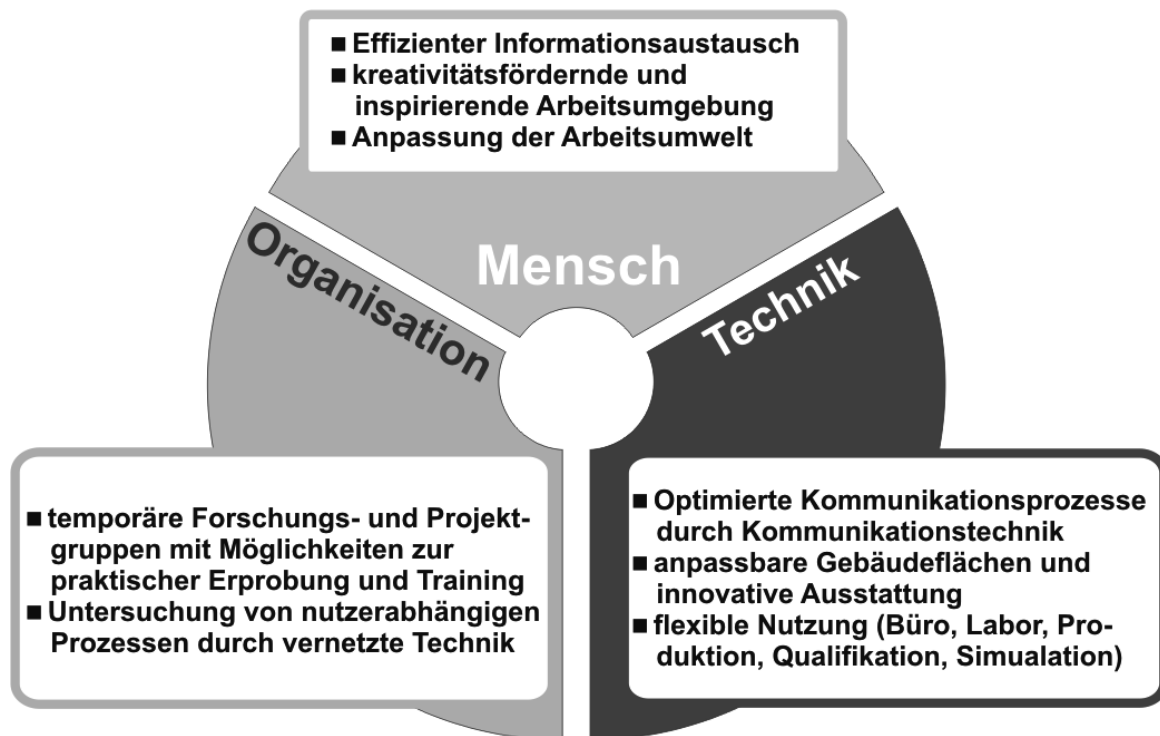


„Attraktivität des Büroambientes“, die „Qualität der Seh- und Lichtverhältnisse“, die „Eignung für Konzentrationsarbeit“ oder auch die „Möglichkeiten für Rückzug und Erholung“ einen entscheidenden Einfluss auf die Leistung am Arbeitsplatz (Kelter 2006). Daraus ergeben sich entsprechende Anforderungen an die funktionalen Flächen des Gebäudes.

Die Kommunikationsbereiche im Projekthaus leiten sich aus der Einteilung von Kommunikation nach Thomas J. Allen (1986) ab. Demnach ist eine Einteilung in drei Typen möglich: Kommunikation zur Koordination, Kommunikation zum Informationsaustausch und Kommunikation zur Inspiration. Der Fokus auf die Generierung von Innovationen konzentriert die Gestaltung der Kommunikationsprozesse auf die Kommunikation zur Inspiration und die Kommunikation für den Informationsaustausch. So stehen für die formelle Kommunikation Bereiche wie Besprechungsräume oder ein Konferenzraum zur Verfügung. Darüber hinaus verfügt das Projekthaus über Kommunikationsbereiche, welche die informelle Kommunikation fördern und die individuellen Anforderungen der Mitarbeiter sowie den kreativen Gedankenaustausch unterstützen. Dafür stehen u.a. die Bereiche „living inspiration“ und „green inspiration“ zur Verfügung, die einen Austausch sowohl in großen als auch kleinen Teams zulassen, in einer öffentlichen oder privaten Atmosphäre oder einen Rückzug zur Inspiration oder Regenerierung ermöglichen. Ergänzt wird dies durch entsprechende Informationstechnologie zur Kommunikation im Gebäude, aber auch über die Gebäudegrenzen hinweg (z.B. Netzwerktechnik für „Kollaborative Arbeit“, Videokonferenzsysteme). Ergänzend kommt Technik zur Visualisierung (z.B. Virtual Reality Technik) und zum interaktiven Gedankenaustausch (z.B. interaktive Whiteboards) zum Einsatz, welche sowohl im Rahmen einer Projektdurchführung als auch unter dem Gesichtspunkt der wissenschaftlichen Untersuchung und Weiterentwicklung einen hohen Stellenwert einnehmen wird. Die Bereitstellung einer tätigkeitsgerechten Arbeitsumgebung erfolgt durch ein flexibles Wandsystem, welches eine Adaption an wechselnde Projektanforderungen erlaubt.

Für die Nutzung des Projekthauses als Forschungsobjekt steht eine entsprechende Infrastruktur zur Verfügung. Diese ermöglicht Forschung, z.B. auf dem Gebiet der Arbeitsumwelt. So kommen unterschiedlichste Lichtsysteme (z.B. dynamische Beleuchtung, direkte Beleuchtung, indirekte Beleuchtung) zum Einsatz, welche im Bezug auf Lichtfarbe und Helligkeit dynamisch gesteuert werden und Untersuchungen der circadianen Rhythmik ermöglichen. Weiter ist es möglich Faktoren wie Schall oder Klima in Verbindung mit aufgabenbezogenen oder individuellen Bedürfnissen des Menschen an seinem Arbeitsplatz zu untersuchen. Die Vernetzung von Haus-, Informations- und Medientechnik eröffnet weitere Möglichkeiten bei der Untersuchung von aufgabenabhängigem Nutzerverhalten (z.B. zur Nutzung und Auslastung vorhandener Ressourcen), von Prozessabläufen oder von Organisationsmodellen. Ein entscheidender Mehrwert ist dabei, die Untersuchungen unter realen bzw. praxisnahen Bedingungen, wodurch Untersuchungsbedingungen gegeben sind, wie sie so in einer Labor- bzw. künstlichen Umgebung nicht vorkommen.

Die Umsetzung der Verzahnung von Mensch, Technik und Organisation im Projekthaus erfolgt dabei wie folgt (vgl. Abbildung 2):



**Abbildung 2:** Verzahnung von Mensch, Technik und Organisation im Projekthaus METEOR

Auch beim Einsatz der Baumaterialien werden neue Wege beschritten. So wird z.B. großflächig glasfaserverstärkter Kunststoff (GFK) für die Außenfassade eingesetzt. Dies geschieht in Zusammenarbeit mit der Professur für Strukturleichtbau und Kunststoffverarbeitung der TU Chemnitz und einem Chemnitzer Industrieunternehmen, was den Gedanken der interdisziplinären Kooperation bereits in der Planungsphase unterstreicht. Durch einen ganzheitlichen Planungsansatz mit der Integration aller Beteiligten (Nutzer, Architekten, Fachplaner, Verwaltung) bereits ab der ersten Planungsphase, wurde die Voraussetzung für ein nachhaltiges Bauen, sowohl aus ökologischer als auch ökonomischer Sicht, geschaffen (Broda 2009). Aus wissenschaftlicher Sicht wird dabei insbesondere die Übertragung auf Unternehmensprozesse (z.B. Bauprozesse, Investitionsprozesse) betrachtet, Erkenntnisse aus anderen Fachbereichen (Architektur) für den Bereich der Arbeitswissenschaft zu nutzen.

#### 4. Literatur

1. Allen T.J. 1970, Communications networks in R&D laboratories, R&D Management, 1, 14–21.
2. Allen T.J. 1986, Organizational structure, information technology and R&D productivity, IEEE Transactions on Engineering Management, 33, 212-217.
3. Bishu, R.R. & Klute, G. 1995, The effects of extra vehicular activity (EVA) gloves on human performance, International Journal of Industrial Ergonomics, 16, 165-174.
4. Broda, G. 2009, Klimatechnik ist Klimaschutz – Energieoptimierung beginnt mit ganzheitlicher Planung, Deutsche Bauzeitschrift, 08/2009, 50-53.
5. Kelter, J. 2006, Der Office Excellence-Check – Erstellung von Basismaterialien zur nachfolgenden Umsetzung in eine Quart Broschüre. Stuttgart: IAO, S. 34.
6. Spath, D. & Kern, P. 2003, Offic 21-Zukunftsoffensive Office 21 – Mehr Leistung in innovativen Arbeitswelten. Köln: Egmont Verlagsgesellschaft mbH.



## Vielfalt in Unternehmen – vom Problemfall zur Potenzialbetrachtung

Heiner MINSEN, Mara ERLINGHAGEN und Patricia SCHÜTTE

*Institut für Arbeitswissenschaft, Ruhr-Universität Bochum,  
Universitätsstraße 150, D-44801 Bochum*

**Kurzfassung:** Mangelerscheinungen an qualifizierten Nachwuchskräften und gesellschaftliche Umbrüche lenken den unternehmerischen Blick auf derzeitige Randbelegschaften (Ältere, Menschen mit Migrationshintergrund etc.) und müssen zukünftig kompensiert werden durch Förderung bereits vorhandener, bisher kaum genutzter organisationsinterner (Diversity-)Potenziale. Für die Arbeitswelt allgemein und KMU im Besonderen bedeutet dies neue Herausforderungen, die zukünftig noch an Bedeutung gewinnen könnten: der Umgang mit Vielfalt als Chance! Mit dem Projekt „Ökonomie mit Vielfalt“ werden Wege aufgezeigt mit denen KMUs diese Potenziale der Vielfalt aufdecken und nutzbar machen können.

**Schlüsselwörter:** Vielfaltssensible Strategieberatung, Evaluation, Diversity-Management, KMU.

### 1. Vielfalt der Märkte als Potenzial für KMU

Die Märkte, auf denen Unternehmen agieren, werden heterogener und verstärken somit die Dringlichkeit strategisch und international ausgerichteter Aspekte von Unternehmensführung (Kruse 2008). Die gesellschaftliche Diversifikation nimmt Einfluss auf unternehmerische MitarbeiterInnen- sowie Kunden- und Zulieferer-Strukturen. Dies führt zu neuen Herausforderungen wie Chancen.

Während in den meisten Ländern der Umgang mit Diversity-Management noch am Anfang steht, beschäftigen sich US-amerikanische Wissenschaftler bereits seit den 1980er Jahren damit. In Deutschland steigt seit den späten 1990er Jahren die Zahl der Unternehmen, die Diversity-Management implementieren. Nicht zuletzt das 2006 in Kraft getretene Allgemeine Gleichbehandlungsgesetz (AGG) löste einen regelrechten und bisher ungebrochenen Boom aus.

In den letzten Jahren haben sich vermehrt deutsche Großunternehmen mit zum Teil sehr „werbewirksamen“ Aktionen der Thematik angenommen (vgl. bspw. <http://www.vielfalt-als-chance.de>), wohingegen die kleinen und mittleren Unternehmen in ihrer Reaktion eher zurückhaltend scheinen.

Dabei sind insbesondere kleine und mittlere Unternehmen, die mit einem Anteil von rund 90% an allen Unternehmen die meisten Arbeitsplätze (rd. 21 Millionen) stellen und somit das Rückgrat der deutschen Wirtschaft sind, gefordert zu handeln: Schließlich wirken sich demografische Veränderungen und mit der Weltwirtschaftskrise einhergehende Herausforderungen (wie z.B. Preissteigerungen für Rohstoffe) auf KMU wesentlich intensiver und in ihren Auswirkungen meist härter aus (Dombrowski et al. 2009, S. 5) als auf internationale Großkonzerne, die Veränderungen auf dem Markt häufig zunächst abfedern können.

Angesichts der großen gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Umbrüche stellt sich somit nicht die Frage, ob, sondern wann und wie kleine und mittlere Unternehmen in

Deutschland die Blickrichtung ändern und „Vielfältigkeit“ vom Problemfall zur Potenzialbetrachtung wenden.

## 2. Neue vielfältige (Kunden-)Potenziale sicht- und nutzbar machen

Ein Weg, wie KMUs bei der bewussten Wahrnehmung und Umsetzung innerbetrieblicher Vielfaltspotenziale unterstützt werden und diesen gegebenenfalls in einen wirtschaftlichen Wettbewerbsvorteil umsetzen können, zeigen die folgenden Ausführungen: Unter dem Projekttitel "Ökonomie mit Vielfalt" erarbeitet ein Projektteam des Instituts für Arbeitswissenschaft (Lehrstuhl Arbeitsorganisation und Arbeitsgestaltung; Prof. Dr. H. Minssen) der Ruhr-Universität Bochum gemeinsam mit der Bochumer Unternehmensberatung bkp GbR im Rahmen des Bundesprogrammes „XENOS-Integration und Vielfalt“ einen Strategieberatungs- und Trainingsprozess um Diversity-Potenziale zu nutzen. Dieser wird in drei Wellen mit zwölf kleinen und mittleren Unternehmen des Ruhrgebiets erprobt. Ziel des Projektes ist es, durch Nutzung organisationsinterner Vielfalt (Alter, Geschlecht, Nationalität etc.) neue Markt- bzw. Kundenpotenziale systematisch aufzudecken, zu entwickeln und zu verwerten. Dabei wird an die wirtschaftliche Denkweise der Unternehmen angeknüpft, in der eine Selektionslogik (von Mitarbeitern, Kundschaft etc.) nicht ausgeblendet werden kann, sondern immer zentraler Bestandteil organisationalen Überlebens ist.

### 2.1 Diversitysensible Strategieberatung

In Form einer Workshopreihe werden die derzeitige Kundenstruktur, alle Kundenkontaktstellen sowie eine potenzielle „Wunschkundschaft“ unter Diversity-Aspekten erarbeitet und analysiert (vgl. Abbildung 1). Wenn in Phase I die Bestandsaufnahme in den Unternehmen stattgefunden hat und erste Ergebnisse erlangt wurden, wird der Markt hinsichtlich der diesbezüglichen Potenziale durchleuchtet: „Welches in der Organisation vorhandene Diversity-Potenzial lässt sich auf dem Markt wiederfinden und nutzen?“, lautet die zentrale Frage der Marktanalyse in Phase II, in der die Entwicklungsperspektive des Unternehmens ausgelotet wird.

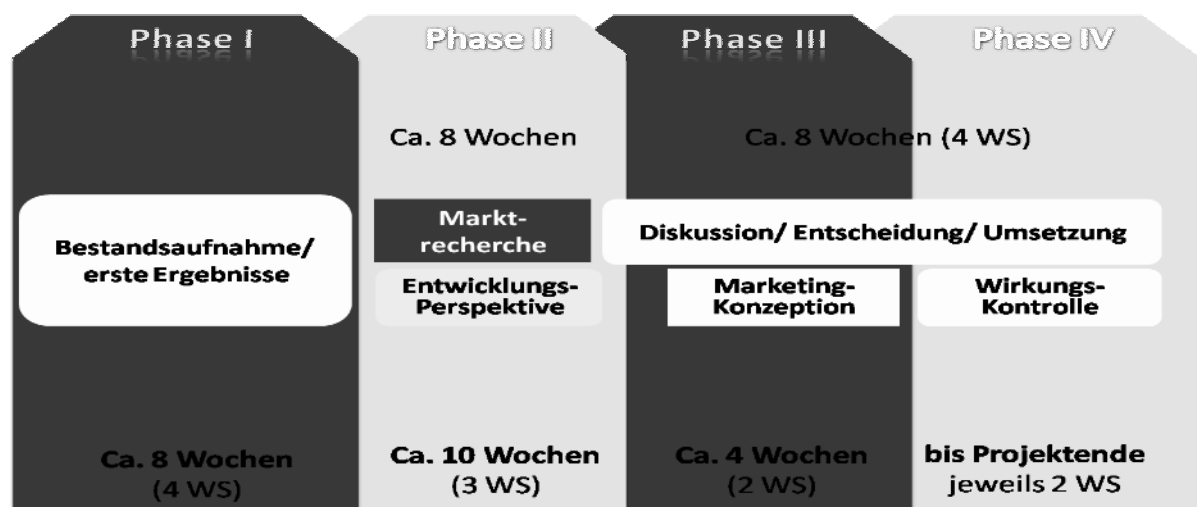


Abbildung 1: Diversitysensibler Strategieberatungsprozess

In Phase III des diversitysensiblen Beratungsprozesses setzen die Unternehmen im Rahmen einer Marketing(neu)konzeption die gezielte Ansprache der „Wunsch-kundschaft“ um, während durch situationsabhängige Verhaltenstrainings der neuen diversitysensiblen Organisationsstruktur Rechnung getragen wird. Somit wird die Diversity-Logik verknüpft mit den ökonomischen Bedürfnissen der Unternehmen. Mit der Phase IV und der darin enthaltenden Wirkungskontrolle schließt der Beratungsprozess in dem jeweiligen Unternehmen ab.

Dieser diversitysensible Beratungsprozess wird in der oben beschriebenen Weise in vier Wellen mit insgesamt 12 Unternehmen durchgeführt. Nach Auswertung der jeweiligen Wirkungskontrollen werden gegebenenfalls Einzelheiten im Prozessverlauf von Welle zu Welle modifiziert.

## *2.2 Wissenschaftliche Begleitung des Projektes - Evaluationskonzept*

Um die Wirksamkeit des Nutzens des entwickelten Diversity-Konzeptes darzustellen und die Nachhaltigkeit und Übertragbarkeit der Projektergebnisse sicherzustellen wird das Projekt durchgehend evaluiert. Ein formatives Evaluationskonzept ermöglicht es dabei die Implementierung neuer Maßnahmen innerhalb eines Unternehmens mit Hilfe der Erhebung von Zwischenergebnissen stetig zu verfolgen und gegebenenfalls zu modifizieren (Bortz & Döring 2003, S.112). Das Konzept wird auf zwei Ebenen angewandt. Bei der ersten handelt es sich um eine Wirkungskontrolle der jeweiligen Untersuchungswelle (à vier Unternehmen), in der unternehmensspezifisch ermittelt wird, wie sich der Beratungsprozess entwickelt, an welchen Stellen sich ein Modifikationsbedarf abzeichnet sowie welche Erfahrungen auf die folgende Untersuchungswelle übertragen werden können. Bei der zweiten Ebene handelt es sich um die Gesamtevaluation, in die die vorherige eingebettet wird.

Das Konzept beinhaltet sowohl Elemente der quantitativen als auch der qualitativen Sozialforschung und orientiert sich an einem klassischen Ablauf qualitativer Evaluationsforschung. Das Vorgehen auf beiden Ebenen lässt sich in fünf Schritten abbilden (Mayring 2002, S. 64), die sich an den Phasen des diversitysensiblen Beratungsprozesses orientieren (vgl. Abbildung 1):

- Ermittlung der Ausgangsbedingungen bzw. des Ist-Zustandes sowie der Zielsetzung in Verbindung mit dem Projekt auf der übergeordneten Ebene im Rahmen der Gesamtevaluation sowie in jedem einzelnen Unternehmen (entsprechend der Phase I).
- Einzelfallorientierte Prozessbeschreibung (Phase II) des Beratungsprozesses sowie der darauf aufbauenden Umsetzungsphase (Phase III). Aus den Erkenntnissen dieses sowie der folgenden beiden Prozessschritte werden Bewertungskriterien bezüglich der Fragestellung „(Wie) Kann Vielfalt für KMUs ökonomisch nutzbar gemacht werden?“ abgeleitet.
- Einbindung der beteiligten Unternehmer in Form einer Selbstevaluation. Es werden Interviews auf Geschäftsführungsebene und mit unmittelbar betroffenen Mitarbeitern geführt.
- Wirkungskontrolle jedes Beratungsprozesses im jeweiligen Unternehmen bzw. der Untersuchungswelle durch eine offene Schlusseinschätzung unter Berücksichtigung der Erkenntnisse aus der vorangegangenen Welle.
- Schlussevaluation bezogen auf die Gesamt-Zielsetzung des Projektes (s.o.).

Durch dieses Evaluationskonzept können somit sowohl konkrete Aussagen zum Erfolg oder Misserfolg im jeweiligen Unternehmen, sowie zur Gesamtkonzeption der hier dargestellten diversitysensiblen Strategieberatung gemacht werden.

### 3. Ausblick

Ausgehend davon, dass der entwickelte Strategieberatungsprozess einen möglichen Weg aufzeigt, um KMUs nachhaltig darin zu unterstützen, die Potenziale ihrer vielfältigen Belegschaften, Kunden- und Zuliefererstrukturen zu erkennen und für sich (ökonomisch) zu nutzen, kann den Ergebnissen der Evaluation mit Spannung entgegen gesehen werden. Ob und inwiefern mit der Umsetzung des Konzeptes konkrete Effekte nachgewiesen werden können, muss derzeit jedoch noch offen bleiben. Im Dezember 2009 startete mit vier dienstleistungsorientierten Unternehmen im Ruhrgebiet die erste Untersuchungswelle.

Mit der Dokumentation und Bewertung der jeweiligen vielfaltssensiblen Beratungsprozesse und Aufarbeitung als „Good Practice“-Beispiele besteht das Projektziel letztlich darin, die zentralen Ergebnisse zu abstrahieren und diese mit Hilfe einer gezielten Öffentlichkeitsarbeit unterschiedlichen Diversity-Akteuren zugänglich zu machen: Neben der Einrichtung einer Internetseite ([www.ökonomiemitvielfalt.de](http://www.ökonomiemitvielfalt.de)) und verschiedener Flyer zum Projekt werden „Mainstreaming-Konferenzen“ im Sommer 2010 und 2011 als Plattform für die Darstellung und Diskussion des vielfaltssensiblen Beratungsprozesses und der Ergebnisse der Evaluation durchgeführt. Zudem sind weitere Veröffentlichungen zum Fortgang des Projektes geplant. Um die Nachhaltigkeit der Projektarbeit zu gewährleisten, fließen zentrale Ergebnisse überdies in ein Ausbildungskonzept für unternehmensinterne MultiplikatorInnen, das ab dem Wintersemester 2010/2011 im Rahmen eines Mastermoduls „Diversitymanagement“ am Institut für Arbeitswissenschaft der Ruhr-Universität Bochum angeboten wird.

### 4. Literatur

1. Aretz, H.J. 2006, Strukturwandel in der Weltgesellschaft und Diversity Management in Unternehmen. In: M. Becker & A. Seidel (Hrsg.), Diversity Management – Unternehmens und Personalpolitik der Vielfalt. Stuttgart: Schaeffer-Poeschel, S. 51-74.
2. Bortz, J. & Döring, N. (Hrsg.) 2003, Forschungsmethoden und Evaluation für Human- und Sozialwissenschaftler. Berlin: Springer, S.101-113.
3. Dombrowski, U., Herrmann, C., Lacker, T. & Sonnentag, S. 2009, Modernisierung kleiner und mittlerer Unternehmen - Ein ganzheitliches Konzept. Berlin: Springer, S. 5- 29.
4. Kruse, P. 2008, Internationalisierung der Arbeitsmärkte für kleine und mittelständische Unternehmen. Erfolgsfaktoren für KMU. Graz: Gabler, S.1-9.
5. Mayring, P. 2002, Einführung in die qualitative Sozialforschung. Weinheim: Beltz Studium, S.40-64.

## Präventive Umsetzung arbeitswissenschaftlicher Erkenntnisse im Planungsprozess

Martin SCHMAUDER<sup>1</sup> und Thomas FINSTERBUSCH<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Institut für technische Logistik und Arbeitssysteme, TU-Dresden,  
Helmholtzstraße 10, D-01062 Dresden*

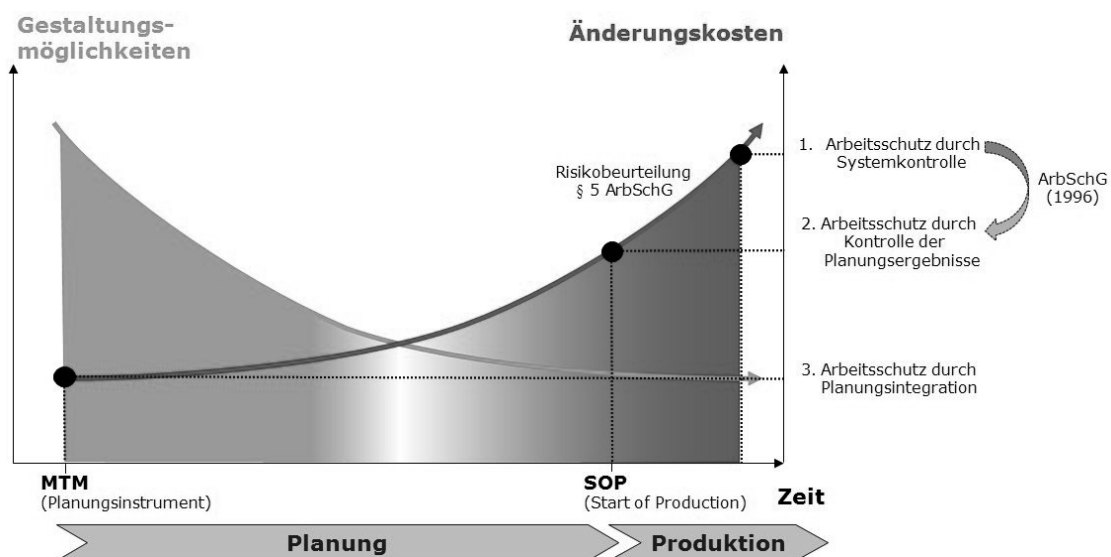
<sup>2</sup> *MTM-Institut der Deutschen MTM-Vereinigung e.V.,  
Eichenallee 11, D-15738 Zeuthen*

**Kurzfassung:** Durch die Implementierung arbeitsschutzrelevanter Informationen in das MTM-Prozessbausteinsystem können in der Planungsphase neuer Arbeitssysteme Risiken frühzeitig erkannt und beseitigt werden, um diese sicher und effizient zu gestalten.

**Schlüsselwörter:** Arbeitsschutz, Planung, Ergonomie, MTM.

### 1. Einleitung

Immer kürzere Produktlebenszyklen zwingen zum effizienten Planen von zukünftigen Arbeitssystemen. Die Entwicklung von neuen und die Modifikation von bestehenden Produkten führen zudem zu ständigen Änderungen in Fertigungs- und Montageabläufen. Somit wird die zeitliche Gültigkeit von Änderungen durch die kürzeren Produktlebenszyklen immer stärker begrenzt. Mit der Einführung der Gefährdungsbeurteilung durch das Arbeitsschutzgesetz 1996 wurde ein wesentlicher Schritt zur sicheren Gestaltung von Arbeitsplätzen und zum Schutz der Mitarbeiter gelegt. Aber die Gefährdungsbeurteilung steht am Ende des Planungsprozesses und ist somit nur ein Indikator für die Qualität des Planungsprozesses? Vor allem bei schlechten Planungsprozessen führt Sie zu hohen Änderungskosten, die sich gerade bei den heutigen kurzen Produktlebenszyklen häufig nicht mehr amortisieren (vgl. Abbildung 1). Wie gelingt es die Synergien aus Arbeitsschutz und Arbeitsgestaltung für eine effiziente und sichere Gestaltung von Arbeitsplätzen und -systemen in der Planungsphase nutzbar zu machen?



**Abbildung 1:** Der Wandel des Arbeitsschutzes - vom Kontrollinstrument zum Gestaltungsfeld



## 2. MTM-Prozessbausteine als Informationsträger

Elementarer Bestandteil der Gefährdungsbeurteilung ist die Beschreibung von Arbeitsabläufen durch die Betrachtung existenter Arbeitsplätze. Um in der Planungsphase einen solchen Visualisierungsgrad zu erreichen, benötigen wir ein Instrument mit dem wir Arbeitsabläufe in der Planung modellieren und sichtbar machen können. MTM als Prozesssprache steht für die Beschreibung, Strukturierung, Planung und Analyse/Synthese mittels inhaltlich und zeitlich definierter Prozessbausteine über die gesamte Prozesskette (Konstruktion - Planung - Fertigung). Durch MTM werden Abläufe systematisch gegliedert, geordnet und Einflussgrößen sichtbar gemacht. MTM-Prozessbausteine (vgl. Abbildung 2) bilden somit eine Informationsgrundlage und liefern für verschiedene Fachdisziplinen (Industrial Engineering, Arbeitsschutz, Qualitätssicherung, Personalplanung, etc.) eine Vielzahl von Informationen (Fertigungszeit, Risiken/Gefährdungen, Prüfumfänge, etc.).

<b>Arbeitsablauf</b>		Beginn:	Hinlangen zu den kleinen Teilen			
		Inhalt:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• einzelnes Aufnehmen von 4 kleinen Teilen aus rechtem Behälter, Prüfen und Einlegen in Presse</li> <li>• einzelnes Aufnehmen von 4 großen Teilen aus linkem, am Boden befindlichen Behälter und Einlegen in Presse</li> <li>• Presse einschalten, Prozesszeit Pressen</li> </ul>			
		Ende:	Nach Pressen			
		Begrenzung:	je 4 kleine und große Teile verpressen, incl. Prozesszeit Pressen			

Nr.	Bezeichnung	A x H	Kode	TMU	Kode	A x H	Bezeichnung
1				89,2	R60C	4	zu kleinem Teil
2				36,4	G4B	4	aus Behälter
3				62,4	M40B	4	in Sichtbereich
4				29,2	EF	4	kleines Teil prüfen
5				46,8	M20C	4	zur Presse
6				101,2	P25SD	4	Teil einlegen
7				8	RL1	4	Teil loslassen
8				116	B	4	zum Behälter
9	zum großen Teil	4	(R-C)	25,6			
10	großes Teil aus Behälter	4	mR10C	29,2			
11	anheben	4	G4A	17,2			
12	großes Teil	4	M10Bm	127,6	AB	4	aufrichten vom Beugen
13	zur Vorrichtung	4	(M-C)	21,6			
14	Teil in Vorrichtung	4	mM10C	101,2			
15	Teil loslassen	4	P25SD	8			
16	zum Schalter links	1	RL1	7,8	(R-A)	1	zum Schalter rechts
17	Berührungsgriff	1	R20A	0	G5	1	wie I. H.
18	Einschalten	1	G5	2	M2A	1	wie I. H.
19				180	PT180	1	Presszeit
20	Loslassen	1	M2A	0	RL2	1	wie I. H.
Gesamtzeit				1009,4			

<b>Arbeitsgestaltung</b>		• Anordnung von Greif- und Fügestellen
		• Ergonomie, Bewegungssymmetrie
		• Vorrichtungsgestaltung
		• Arbeitsplatzgestaltung
		• Teilelogistik

<b>Wertschöpfungsanteil</b>		
-----------------------------	--	--

<b>Normzeitwert</b>		Planungs- bzw. Ausführungszeit ( $t_g$ )
---------------------	--	--

<b>Gefährdungen</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Platzmangel an Fügestelle</li> <li>• ungünstige Greifbedingungen am Fügeteil</li> </ul>
<b>Qualität</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Häufigkeit von Prüfvorgängen</li> <li>• Art der Prüfmerkmale</li> <li>• Sichtbedingungen am Arbeitsplatz</li> </ul>
<b>Produktgestaltung</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• zu hohe Fügegenauigkeit</li> <li>• fehlende Fügehilfen</li> <li>• Reduzierung von Fügestellen</li> </ul>

**Abbildung 2:** Informationspotenziale eines MTM-Prozessbausteins

Zur Verdeutlichung seien hier auszugsweise 3 Fachbereiche beispielhaft genannt, welche unternehmerische Entscheidungsbereiche durch die Informationen der MTM-Prozessbausteine und ihrer Aggregationen tangiert werden:

- Personalwesen:
  - Personalauswahl und Qualifizierung durch Vorgabe notwendiger Qualifikationen für die Erfüllung durch das IE definierter Arbeitsaufgaben
  - Personalbedarfsermittlung durch Ermittlung von Fertigungszeiten und Gegenüberstellung zum Kapazitätsangebot der Arbeitspersonen in Abhängigkeit von Schichtmodell, tariflichen und betrieblichen Regelungen und Belastungssituation
- Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz:
  - Ergonomische Beurteilung von Arbeitssituationen in Abhängigkeit von Arbeitsorganisation und Belastung



- Leistungsvorgabe durch Normung der Leistung bzw. Arbeitsintensität in Form betrieblich vereinbarter Sollzeiten
- Prozessplanung:
  - Technologieauswahl auf Basis von Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen für Technologievarianten, z. B. in der Montage durch Arbeitsmethodenvergleich unter Beachtung der notwendigen Investitionen für Arbeitsmittel
  - Prozessoptimierung durch Gestaltung von Arbeitsmethoden sowie Entwurf von Arbeitsmitteln und Vorrichtungen

Bei der heutigen Modellierung von Arbeitsabläufen mit den MTM-Prozessbausteinen lassen sich keine quantifizierbaren Aussagen zu möglichen Risiken in zukünftigen Arbeitssystemen generieren. Obwohl bereits das Bausteinsystem MTM-1 vereinzelt Hinweise auf Risiken liefert, z.B. bei den Fügebedingungen der Grundbewegung „Fügen“ (Sichtbehinderung, verdeckte Fügestelle, Platzmangel, etc.), beim „Gehen“ (Sturzgefahr) sowie beim „Greifen“ (Schnittverletzungen) und „Bringen“ (Gewichte). Bisher bleibt dieses vorhandene arbeitsschutzrelevante Wissen völlig ungenutzt.

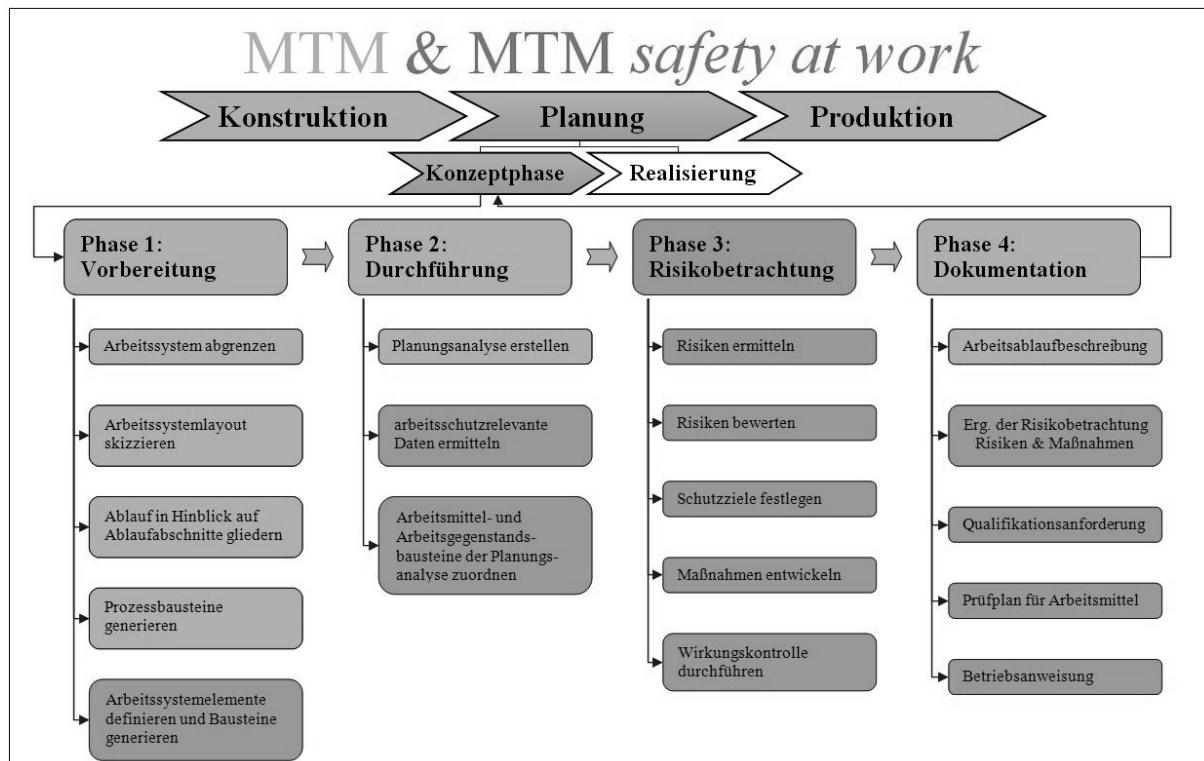
Ein erster Schritt ist mit der Entwicklung von MTMergonomics® gegangen worden. Mit Hilfe dieses Softwaremoduls ist es möglich, eine ergonomische Bewertung (die Beurteilung physischer Belastungen des gesamten Körpers und der oberen Extremitäten) vorzunehmen und zwar bereits in der Planungsphase neuer Arbeitssysteme. Im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung gilt es jedoch alle Gefährdungsfaktoren zu berücksichtigen. Daraus entstand die Idee im Rahmen einer Diplomarbeit eine erste Methodik zu entwickeln, wie sich arbeitsschutzrelevante Aufgaben im Planungsprozess auf Basis von MTM-Prozessbausteinen umsetzen lassen.

Um diese Idee verwirklichen zu können, galt es folgende Problempunkte aufzuarbeiten:

- Untersuchung des MTM-Prozessbausteinsystems auf die bisherige Implementierung und Verwendung arbeitsschutzrelevanter Informationen.
- Untersuchung von Verfahren des Arbeitsschutzes zur Bewertung von Gefährdungen die für einen Einsatz in der Planung geeignet sind.
- Entwicklung einer Methodik zur Analyse, Bewertung und Dokumentation von Gefährdungen und Maßnahmen auf Basis der MTM-Prozessbausteine.
- Umsetzung und Erprobung in einem betrieblichen Planungsprojekt.

### **3. „MTM safety at work“ eine Methodik zur planerischen Vermeidung von Risiken**

Um Risiken in der Planung zu identifizieren, wurde das bestehende MTM-Bausteinsystem um weitere Attribute (Arbeitsgegenstand, Arbeitsmittel) erweitert und Merkmale strukturiert impliziert. Im zweiten Schritt wurden anerkannte Verfahren des Arbeitsschutzes zur Bewertung von Gefährdungen hinsichtlich ihrer Anwendbarkeit in der Planung virtueller Arbeitssysteme untersucht. Dabei zeigte sich, dass für die Beurteilung der Faktoren nach EN 1050 in der Planung bestimmt werden konnten. Dabei zeigte sich die Verwendung der MTM-Prozessbausteine von großem Vorteil, da der Zeitwert für den Ablauf und damit für den Zeitraum der Exposition sich aus dem Bausteinen ermitteln lässt (vgl. Abbildung 3).



**Abbildung 3:** Vorgehensweise zur planerischen Ermittlung von Risiken auf Basis von MTM-Prozessbausteinen

Darauf aufbauend entstand anhand der dargestellten Methodik und mehrerer Grafiken ein erster Entwurf für ein Softwarekonzept. Dieses konnte an einem Planungsbeispiel in einem KMU erprobt werden. Dabei erfolgte eine enge Kooperation zwischen den Fachbereichen der Arbeitsvorbereitung und der Arbeitssicherheit.

## 4. Ergebnisse

Basierend auf dem erweiterten Informationsgehalt der MTM-Prozessbausteine können in der Planungsphase Risiken ermittelt werden. Somit besteht die Möglichkeit bereits in der Planungsphase gesundheitliche Risiken frühzeitig zu erkennen und zu beseitigen, bevor die Planung in ein Hardwarestadium überführt wird. Dies führt nicht nur zu sicheren Arbeitsplätzen und vermeidet Änderungskosten, es schafft zudem eine stärkere Vernetzung und fördert die Kommunikation von Arbeitsschutz und Arbeitsvorbereitung.

## 5. Literatur

1. Bokranz, R. & Landau, K. 2006, Produktivitätsmanagement von Arbeitssystemen. MTM-Handbuch. Stuttgart: Schäffer-Poeschel.

# High speed and high accuracy accommodation tracker

Pier Paolo MONTICONE and Marino MENOZZI

*Technology and Innovation Management, ETH Zurich,  
Scheuchzerstrasse 7, CH-8092 Zürich*

**Abstract:** We developed an instrument recording the accommodation dynamics of the eye. By means of a new technique, recording speed up to 95 Hz and accuracy down to 0.005 D are achieved. Since components used in our system are mechanically fixed, artifacts due to movable mechanical parts are excluded. The instrument also enables to assess gaze direction synchronously to accommodation.

**Keywords:** accommodation, optometer, eye, vision.

## 1. Introduction

Accommodation is the process by which the eye adapts optical power to maintain a clear image of objects at varying distances. The mechanism of accommodation has intensively but not exhaustively been investigated and modeled in the past (Franzen et al. 2000; Schor & Bharadwaj 2006).

Information about the neurophysiology of the accommodation can be obtained by analyzing the dynamic of accommodation. The relation between the peak velocity of accommodation to a step response stimulus and its amplitude, the so called main sequence, is of particular interest in understanding how physiological responses are generated. This relation is also used to differentiate between normal and abnormal responses (Bahill et al. 1975). According to Nyquist's theorem (Campbell et al. 1959), an accurate estimation of the dynamics of accommodation requires a minimum sampling rate. Sampling rate is of crucial importance when using recorded data in modeling accommodation. In 2006 Suryakumar et al. recorded the step response of the accommodation with a custom designed high-speed photorefractor at 75 Hz (Suryakumar et al. 2007). They sub-sampled recorded signal at 25 Hz in order to compare the effects of a lower sampling rate on the temporal characteristics of the signal. Suryakumar et al. (2007) concluded that faster sampling improves the accuracy of dynamic properties of the accommodation and that the peak velocity and acceleration are underestimated by 24% and 35% respectively, when sub-sampling at 25 Hz. Furthermore, sub-sampling causes a time shift of the peak of the acceleration.

While staring to immobile visual target, the accommodation response is not stationary; these fluctuations of the accommodation are called microfluctuations. Microfluctuations have become of increasing interest in ergonomics as a phenomenon possibly offering an objective evaluation of visual fatigue (Iwasaki & Kurimoto 1987). Microfluctuations are usually described in the literature with amplitude of less than 0.25 D and frequency of few Hz (Toshida et al. 1998). Due to the technical difficulties in measuring microfluctuations, there are divergent results and disputes concerning their source. Such unstable signal could be due to changes of the lens shape or artifacts introduced by the instrument, the pulse, the respiration, movements of the eye, etc. (Muma & Iskander in press; Hampson et al. 2005).

In this work, we present a custom made optometer recording accommodation up to 95 Hz with a maximum accuracy of 0,005 D. Furthermore, our device has no moving parts, therefore excluding artifacts due to mechanical properties such as reso-

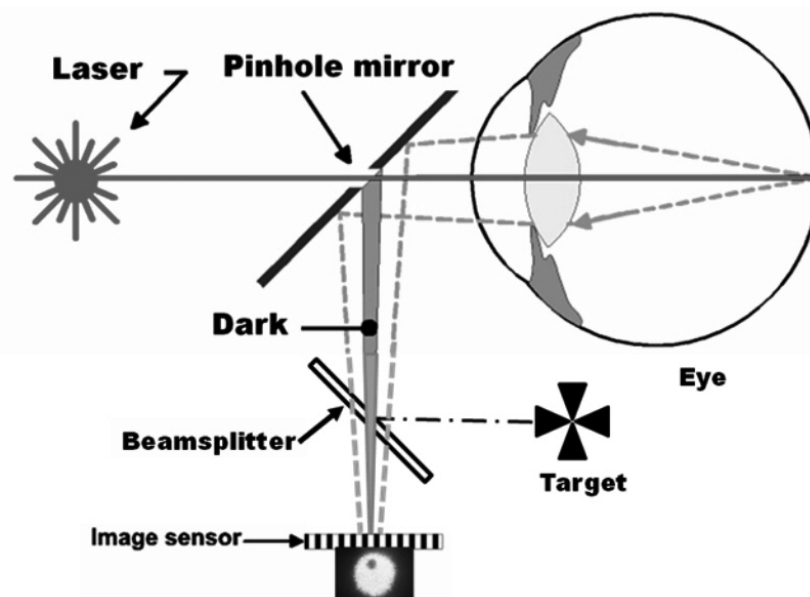
nance or inertia. While tracking the accommodation, our optometer allows a synchronous detection of shape and position of the pupil and therefore an estimation of gaze direction and of the pupillary diameter as well.

## 2. Methods

### 2.1 Our optometer

The working principle of our optometer consists in analyzing an image produced by a reference object, which is placed at a fix distance from an image sensor and which is illuminated by light exiting the pupil of the eye under test. The size of the image varies with the vergence of the light exiting the pupil and therefore varies with the accommodation. The eye emits light because a light spot is projected on the retina and part of this light is diffusely reflected back outside the eye.

The main components in our device are: a source of light, a plane mirror with a cylindrical hole (standing as reference object), an optical sensor and a visual target to stimulate the accommodation response. In figure 1 the structure of the optometer is represented schematically (for further details on the optometer see Monticone et al. in press).



**Figure 1:** Schematic diagram of the device used to record accommodation consisting out of a laser light source, a pinhole mirror and an image sensor (CCD camera). Fixation targets are presented at various distances using a beam splitter. The photograph on the bottom of the scheme gives an example of a recorded image

### 2.2 Experimental procedure

In order to test our optometer we performed three different experiments: one with a static mechanical eye, one with a fluctuating mechanical eye, one measuring the response of human eye using different visual stimuli.

In a first experiment an retinoscopy trainer "HEINE Skia/Retinoscope Trainer" (HEINE Optotechnik GmbH & Co. KG, Kientalstr. 7, • 82211 Herrsching, • Germany) was used. We measured the radius of the image of the hole of the mirror in 512

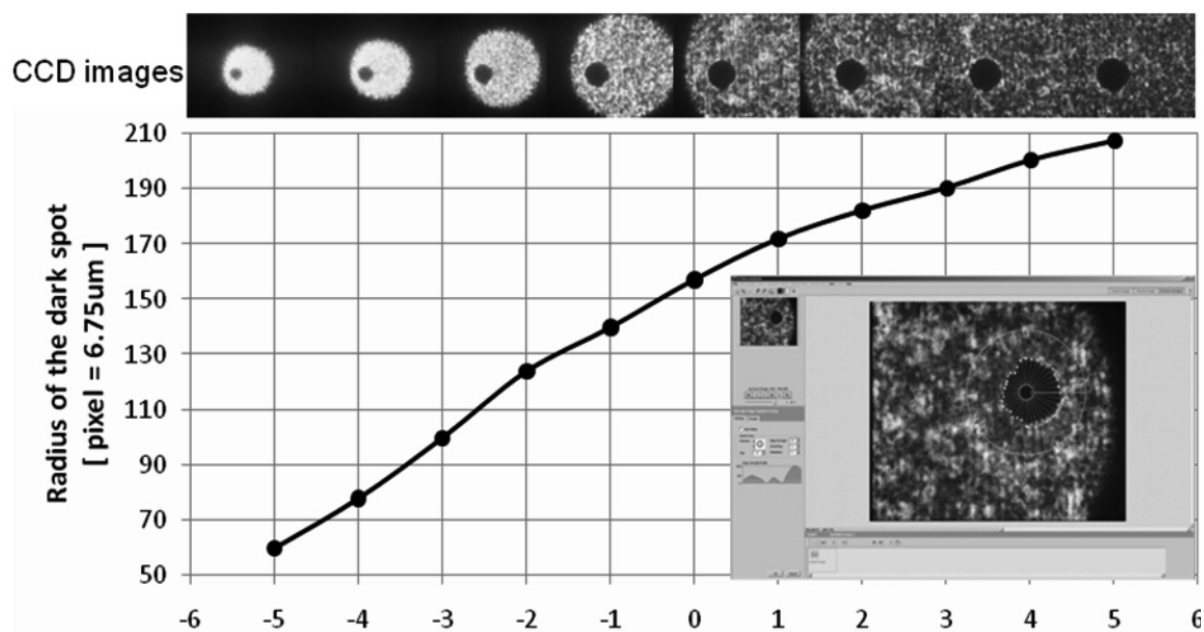
frames at 30 Hz for every integer diopter value in the range between -5 D and +5 D.

For the second experiment, we built a custom mechanical eye that is able to fluctuate the accommodation at different frequencies. This was achieved by replacing the retina of the mechanical eye by a loudspeaker, which is driven by a sinusoidal function. A change in position of the retina emulate the accommodation. The fluctuating eye is mechanically isolated by the measurement table in order not to introduce artifacts due to vibrations of the optometer. We measured the radius of the image of the hole of the mirror in 512 frames at 30 Hz for different frequencies (1, 1.5, 2, 2.5, 5 Hz).

The procedure of the experiment on the human eye has already been described in our paper (Monticone et al. in press).

### 3. Results

Figure 2 plots the results of the first experiment. The points in the graph denote the average radius computed using 512 frames sampled at 30 Hz. The standard deviation of the measurements changes slightly with the accommodation. However, it is about 0.005 D.

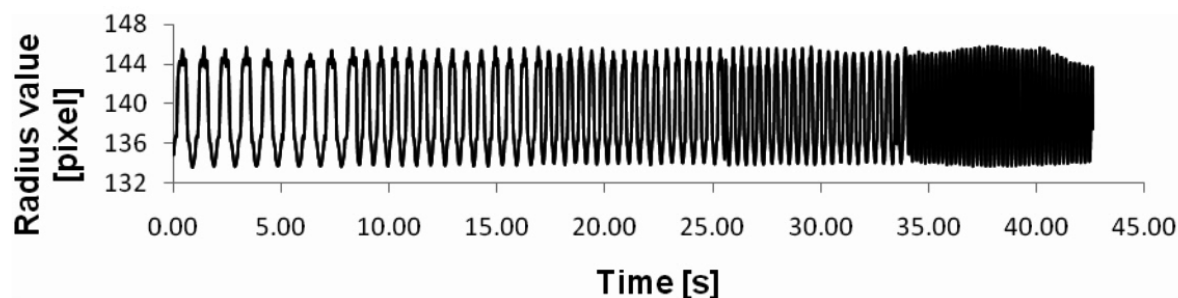


**Figure 2:** Images recorded using the CCD camera while changing the accommodation power the mechanical eye from -5 to 5 D are displayed on the top of the figure. The graph reports the measured average size of the radius of the image of the hole of the mirror (black spot). The image, in the bottom right side, is a screenshot of the GUI of the software used to estimate the size of the circle

Figure 3 plots the results of the second experiment. The measured time periods of the signal correspond to the set frequencies on the mechanical eye.

Results of the experiments on the human eye have already been reported in our paper (Monticone et al. in press).





**Figure 3:** Measurement using the fluctuating mechanical eye. The frequency of the fluctuation grows by steps: 1, 1.5, 2, 2.5, 5 Hz. The sample rate of the optometer is set at 30 Hz

### 3. Conclusions

In our previous work (Monticone et al. in press) we showed the capability of the optometer to measure the accommodation of human eye. However we could only state that the accuracy of the measurement is less than 0.25 D. With these new experiments on the mechanical eyes, we could measure that the intrinsic accuracy of the instrument is far below 0.25 D: it is approximately equal to 0.005 D. In addition we could test the ability of the instrument that correctly measure fluctuating signals like so the microfluctuations of the human eye.

### 4. References

1. Bahill, A.T., Clark, M. R. & Stark, L. 1975, The main sequence, a tool for studying human eye movements, *Mathematical Biosciences*, 24, 191-204.
2. Campbell, F.W., Robson, J.G. & Westheimer, G. 1959, Fluctuations of accommodation under steady viewing conditions, *The Journal of Physiology*, 145, 579-594.
3. Franzen, O., Richter, H. & Stark, L. 2000, Accommodation and vergence mechanisms in the visual systems. In: *First International Symposium on Accommodation/Vergence Mechanisms in the Visual System*. Stockholm: PREV200100364782.
4. Hampson, K.M., Munro, J. & Paterson, C. 2005, Weak correlation between the aberration dynamics of the human eye and the cardiopulmonary system, *Journal of the Optical Society of America A*, 22, 1241-1250.
5. Iwasaki, T. & Kurimoto, S. 1987, Objective evaluation of eye strain using measurements of accommodative oscillation, *Ergonomics*, 30, 581-587.
6. Monticone, P.P., Menozzi, M. & Schlup, M. in press, Instrument for high-speed recording of accommodation of the human eye, *Biomedizinische Technik / Biomedical Engineering*.
7. Muma, M. & Iskander, D.R. in press, "The Role of Cardiopulmonary Signals in the Dynamics of the Eye's Wavefront Aberrations, *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*.
8. Schor, C.M. & Bharadwaj, S.R. 2006, Pulse step models of control strategies for dynamic ocular accommodation and disaccommodation, *Vision Research*, 46, 242 - 258.
9. Suryakumar, R, Meyers, J.P., Irving, E.L. & Bobier, W.R. 2007, Application of video based technology for the simultaneous measurement of accommodation and vergence, *Vision Research*, 47, 260-268.
10. Toshida, K., Okuyama, F. & Tokoro, T. 1998, Influences of the accommodative stimulus and aging on the accommodative microfluctuations, *American Academy of Optometry*, 75, 221-226.



# Synchrone und normkonforme Messdatenerfassung und -auswertung mit der Dikablis & D-Lab Soft- und Hardwareumgebung zur Blick- und Verhaltensforschung

Christian LANGE, Martin WOHLFARTER, Heiner BUBB und Klaus BENGLER

*Lehrstuhl für Ergonomie, Technische Universität München,  
Boltzmannstraße 15, D-85747 Garching*

**Kurzfassung:** Im Rahmen dieses Beitrages wird aufgezeigt, wie die synchrone Erfassung und Auswertung von Blickdaten, Daten mehrerer Videoquellen zusammen mit versuchsgerätespezifischen Daten mit der Soft- und Hardwareumgebung Dikablis & D-Lab zur Blick- und Verhaltensforschung normkonform zu EN ISO 15007-1 und ISO/TS 15007-2 ermöglicht wird. Dabei wird das Experiment von der Planung über die Durchführung bis hin zur Messdatenauswertung und Ergebnisdarstellung unterstützt.

**Schlüsselwörter:** Blick- und Verhaltensstudien, Eye-Tracking, Ergonomie.

## 1. Einleitung

Die synchrone Erfassung und Auswertung von Messdaten ist in allen Untersuchungen immer wieder eine große Herausforderung. Dies ist insbesondere der Fall, wenn es darum geht Blickdaten und Daten mehrerer Videoquellen zusammen mit versuchsgerätespezifischen Daten wie beispielsweise Fahrdynamikdaten aus einem Fahrzeug synchronisiert aufzunehmen. Wie diese Herausforderung mit der Soft- und Hardwareumgebung Dikablis & D-Lab zur Blick- und Verhaltensforschung gelöst ist, wird nachstehend aufgezeigt.

## 2. Versuchsplanung

Vor Beginn der Versuchsreihe steht in D-Lab eine Funktion zur Erstellung eines Experimentalplanes zur Verfügung, um diesen normkonform nach ISO/TS 15007-2 bestehend aus "experimental conditions", "tasks" und "subtasks" aufzubauen. Dabei wird ein Versuch als ineinander geschachtelte Zeitintervalle dargestellt wobei:

- „experimental condition“ ein gesamtes Experiment umfasst (z. B. fahren auf Landstraße);
- „task“ die Interaktion mit einem bestimmten System innerhalb des Experiments darstellt (z. B. Bedienung des Navigationssystems);
- „subtask“ wiederum eine Teilaufgabe eines „tasks“ ist (z. B. Eingabe von Ortschaft, Straße und Hausnummer als jeweils einzelne „subtasks“).

Nach der Planung kann der erstellte Versuchsplan gespeichert und dann für die Verwendung im Versuch mit der Versuchssteuersoftware D-Control wieder geladen werden. In Abbildung 1 links ist ein mit D-Control geöffneter Versuchsbaum dargestellt.

### 3. Versuchsdurchführung

Herzstück der Versuchsdurchführung ist die Software „D-Control“. Damit lässt sich der vorab erstellte Experimentalplan öffnen, wodurch die Experimentalbedingungen als anwählbare Buttons repräsentiert werden. Diese Buttons zur Markierung der Start- und Endpunkte von Aufgabenintervallen können sowohl von Hand per Mausklick angewählt als auch per Netzwerkbefehl von einer anderen Anwendung aus angesprochen werden. Ferner erfolgt über „D-Control“ die Synchronisation mit dem Blickerfassungssystem Dikablis, welches remote über die Oberfläche von „D-Lab Control“ gesteuert werden kann. Zudem können über „D-Control“ die Daten mehrerer externer Quellen synchron aufgezeichnet werden. Dies können bis zu vier Videos sowie beliebige versuchsgerätespezifische Daten sein. Für versuchsgerätespezifische Daten, wie beispielsweise die Fahrdynamikwerte aus einem Fahrsimulator oder die Kennwerte von einem Fahrzeugbussystem, stellt „D-Control“ eine flexible Netzwerkschnittstelle bereit, über welche die Daten empfangen und synchron zu allen anderen Messwerten gespeichert werden. Wie sich die Oberflächen von D-Control und dem Blickerfassungssystem Dikablis dem Anwender während der Datenaufnahme darstellen, ist in Abbildung 1 zu sehen.



**Abbildung 1:** Links: Oberfläche von D-Control mit visualisiertem Versuchsbaum und Anzeige der vier externen Videos; Rechts: Oberfläche der Dikablis Software mit Echtzeitansicht des Blickverhaltens

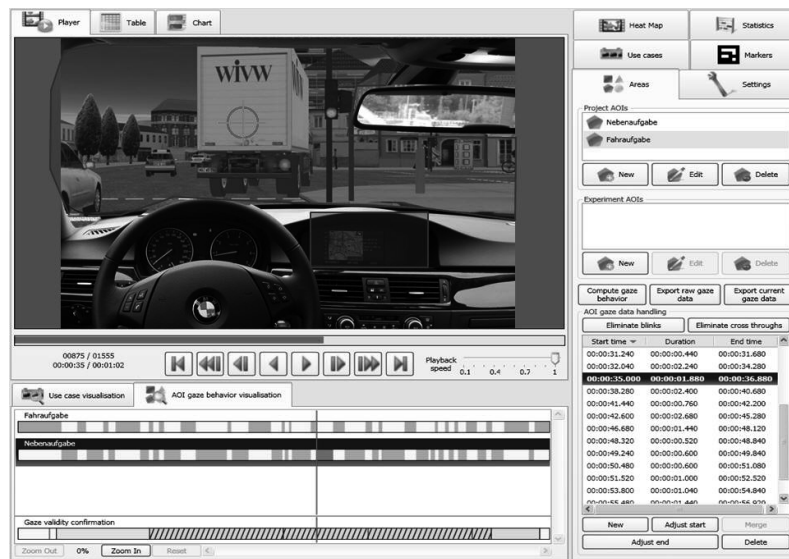
### 4. Datenanalyse

Zur Datenauswertung dient die Software D-Lab. Mit dieser können sämtliche Messwerte eines kompletten Projektes importiert werden und stehen dann unter einer einzigen Oberfläche synchron zur Auswertung zur Verfügung.

Zur Auswertung der Blickdaten ermöglicht D-Lab die freie Definition von Areas of Interest AOIs, für welche die Blickzuwendungsintervalle normkonform nach ISO/TS 15007-2 automatisiert berechnet werden (siehe Lange et al. 2009a; Lange et al. 2009b). Nach der Berechnung der Blickzuwendungsintervalle werden diese in Form von Zeitbalken synchron zum Fortschrittsbalken der externen Videos bzw. des Blickvideos visualisiert (siehe Abbildung 2).

Mit Hilfe der integrierten Statistikfunktion kann definiert werden, welche Blickkennwerte für welches AOIs berechnet werden sollen. Ein Beispiel für eine solche Kennwertberechnung wären die Kennwerte "total glance time", "total glance time as a percentage" und "number of glances" auf ein beliebiges AOI, immer wenn die Probanden eine bestimmte Aufgabe durchgeführt haben. D-Lab berechnet daraufhin automatisiert die angegebenen Kennwerte und visualisiert das Ergebnis in Tabellenform. Diese automatisierte Kennwertberechnung kann für alle definierten AOIs, alle Bedingungen des Experimen-

talplanes sowie für alle Blickkennwerte durchgeführt werden. Die Berechnung kann dann mittels einer Exportfunktion SPSS oder Excel konform in eine .csv-Datei exportiert werden.



**Abbildung 2:** Visualisierung der Blickzuwendungsintervalle auf die definierten AOIs Fahraufgabe und Nebenaufgabe in Form von Zeitbalken unterhalb des Blickvideoplayers



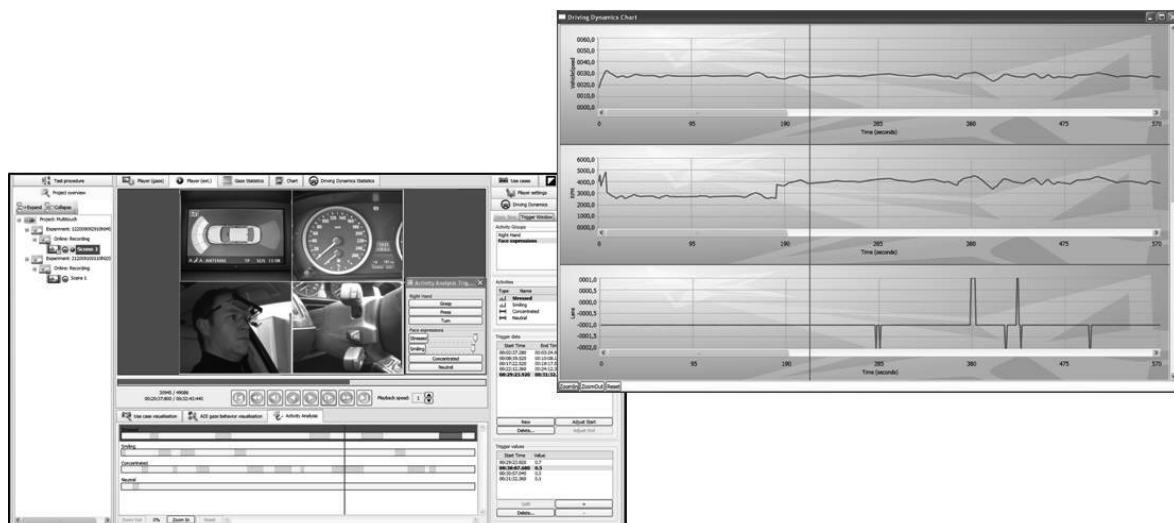
**Abbildung 3:** Visualisierung der ausgewerteten Handlungen in Form von Zeitbalken unterhalb des Blickvideoplayers

Zur genaueren Bestimmung des Verhaltens der Probanden gibt es eine integrierte Funktion zur Handlungsklassifizierung. Dazu kann man Handlungen definieren und jeder Handlung eine Taste auf der Tastatur zuweisen. Ferner können Handlungsgruppen definiert werden, welche dann eine Gruppierung der Einzelhandlungen erlauben. Zur Klassifikation der Handlungen kann man in D-Lab synchron die bis zu vier Videos sowie das Blickvideo ansehen und durch Knopfdruck (bzw. Tastendruck auf die der Handlung zugewiesenen Taste) eine bestimmte Handlung markieren. Die markierten Handlungen werden in Form von Zeitbalken synchron zum Fortschrittsbalken der Videos bzw. des Blickvideos angezeigt, wo bei ein vertikaler roter Strich genau anzeigt, an welcher Stelle in der Handlungsanalyse man gerade ist (siehe Abbildung 3). Wie für die Blickdaten, steht auch für die Handlungsklassifikation eine Statistikfunktion zur Verfügung, mit der beispielsweise die Auftretenshäufigkeit oder die Dauern von Handlungen während bestimmter Aufgabenintervalle berechnet werden können. Ebenso kann diese Berechnung

dann mittels einer Exportfunktion SPSS oder Excel konform in eine .csv-Datei exportiert werden.

Zudem werden die aufgenommenen versuchsgerätespezifischen Daten als Zeitverlaufsplots synchron zu den externen Videos und zum Blickvideo sowie synchron zu den Blickzuwendungsintervallen und den Handlungen in einem eigenen Fenster visualisiert (siehe Abbildung 4). Ein vertikaler roter Strich, der synchron mit dem Fortschrittsbalken des Videoplayers läuft, zeigt an, wo innerhalb des Datensatzes man sich gerade befindet. Wie für die externen Videos kann auch für die Zeitverlaufsplots eine entsprechende Handlungsanalyse durchgeführt werden. Damit lässt sich beispielsweise auswerten, wie oft der Fahrer innerhalb eines Aufgabenintervalls die Bremse betätigt hat, wenn der Verlauf der Bremspedalwinkel während des Versuches aufgenommen wurde.

Außerdem steht auch für diese Daten eine Statistik- und Exportfunktion bereit, die es erlaubt deskriptive Maße wie Mittelwert, Standardabweichung oder Summe während bestimmter Aufgabenintervalle für die aufgenommenen versuchsgerätespezifischen Werte von D-Lab berechnen zu und dann SPSS und Excel konform in eine .csv-Datei exportieren zu lassen.



**Abbildung 4:** Synchroner Visualisierung von aufgenommenen externen Daten (rechts oben) und vier aufgenommenen Beobachtungsvideos

Zusammenfassend betrachtet, steht mit der Soft- und Hardwareumgebung Di-kablis und D-Lab ein Werkzeug zur Verfügung, welches den Anwender bei der Planung einer Versuchsreihe, bei der synchronen Messdatenaufzeichnung und der Auswertung der Versuchsdaten mit einer Vielzahl an Funktionen unterstützt.

## 5. Literatur

1. ISO/TS 15007-2:2001, Road vehicles - Measurement of driver visual behaviour with respect to transport information and control systems - Part 2: Equipment and procedures. Geneva: ISO.
2. Lange C., Wohlfarter M. & Bubb H. 2009a, Automated Analysis of Eye-Tracking data for the Evaluation of Driver Information Systems according to ISO/TS 15007-2:2001. In: Proceedings of the 13th International Conference on Human-Computer Interaction, San Diego 2009.
3. Lange C. & Bubb H. 2009b, Normgerechte Durchführung von Blickerfassungsexperimenten nach ISO/TS 15007-2:2001. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg.), Arbeit, Beschäftigungsfähigkeit und Produktivität im 21. Jahrhundert. Dortmund: GfA Press, S. 689-693.

## Nachhaltigkeit





## Nachhaltige Prozessorientierung in Gesundheitseinrichtungen – Medizinisches Dienstleistungssystem „proLIFE“

Sabine KRAUSE und Birgit SPANNER-ULMER

*Professur Arbeitswissenschaft, Technische Universität Chemnitz,  
Erfenschlager Straße 73, D-09125 Chemnitz*

**Kurzfassung:** Der Wandel der rechtlich-politischen Rahmenbedingungen in den letzten Jahren setzt die Gesundheitseinrichtungen unter enormen Kostendruck. Das führte kurzfristig zu Betten- und Personalabbau und gleichzeitig zur psychischen und physischen Überbelastung des medizinischen Personals. Jetzt ist es wichtig, die Prozesse umzustrukturieren, um dadurch die Prozesskosten der medizinischen Versorgungsprozesse zu senken. Um das aus eigener Kraft zu bewältigen, fehlen den Einrichtungen häufig die Ressourcen, die Motivation und die Kompetenzen. Dieser Situation kann durch eine systematische Vorgehensweise begegnet werden. Dazu können wertvolle Erfahrungen mit industriellen Methoden aus sogenannten Produktionssystemen genutzt werden. Die Herausforderung stellt der nachhaltige Transfer auf ein sehr komplexes Dienstleistungsgefüge dar. Der Beitrag erläutert anhand der Vorgehensweise in einem Pilotbereich die Brisanz für das Gesundheitswesen.

**Schlüsselwörter:** Dienstleistung, Produktionssystem, Prozessoptimierung.

### 1. Einleitung

Seit der Wandlung der alten Medizin am Krankenbett zur modernen klinischen Medizin im 18. Jahrhundert, haben sich auch die Rahmenbedingungen in der deutschen medizinischen Betreuung der Bevölkerung stark verändert (Eckart 2009): von einer Versorgungsanstalt zum vielseitig ausgerichteten Gesundheitszentrum, das für alle kranken Patienten auf höchstem Niveau agiert und gleichzeitig die Rolle eines „erfolgreichen wirtschaftlichen Unternehmen“ erfüllen muss (Rüegg-Stürm 2007). Dies führt dazu, dass sich eines der besten Gesundheitssysteme weltweit, im Wandel vom Gesundheitswesen zur Gesundheitswirtschaft befindet (Franke 2007). Kostenintensive Forschung und Spitzenmedizin, veränderte Altersstrukturen, gestiegene Ansprüche und teurere Medikamente erfordern eine Kostensenkung in den Einrichtungen. Zusätzlicher Kostendruck resultiert aus der Einführung der Diagnosis Related Groups (DRG) mit dem Fallpauschalengesetz im Jahr 2003.

Die Erwartungshaltung gegenüber der stationären Patientenbehandlung hat sich ebenso deutlich verändert. Der Patient wird zum „Kunden“ des „Dienstleisters“ Krankenhaus. Das erfordert ein Umdenken und die Verankerung des Dienstleistungsgedanken im Bewusstsein aller Akteure. Dabei stellt die Patientenversorgung im Krankenhaus eine kundenpräsenzbedingte bzw. persönlich-interaktive Dienstleistung dar. Der Kunde bringt sich selbst als externen Faktor in den Prozess der Dienstleistungserstellung ein (Eichhorn 1997; Friesdorf 1990).

Eine Folge ist, dass die stationäre Patientenversorgung zunehmend vom Wettbe-

werb bestimmt wird. Mit dem Patienten als „Kunden“ gewinnt neben der rein medizinischen Patientenbehandlung auch die nicht-medizinische Versorgung im Krankenhaus immer mehr an Bedeutung. Die Auswahl eines geeigneten Krankenhauses erfolgt zunehmend nicht mehr allein auf Basis der ärztlichen Einweisung, sondern auch nach den persönlichen Bedürfnissen und Erwartungen des Patienten (Gorschlüter 1999; Müller-Bellingrodt 1998).

Bei dieser Entwicklung zur „Medizinischen Dienstleistung“ darf es auf keinen Fall zu einer Verwechslung der Patientenversorgung im Krankenhaus mit einer herkömmlichen Dienstleistung kommen. Oberste Priorität hat das Wohl des Patienten. Es muss versucht werden, den Spagat zwischen einer qualitativ hochwertigen Grundversorgung und der erforderlichen Wirtschaftlichkeit zu vollziehen.

## **2. Nachhaltige Prozessorientierung in Gesundheitseinrichtungen**

In einer Gesundheitseinrichtung „wirtschaftlicher“ zu arbeiten, bedeutet die Verschwendung hinsichtlich patientenunabhängiger Prozesse stark zu reduzieren und patientenabhängige Prozesse reibungslos zu organisieren. Um das zu erreichen, ist eine Grundhaltung erforderlich, bei der das gesamte betriebliche Handeln als Kombination von Prozessen bzw. Prozessketten betrachtet wird. Ziel dieser Prozessorientierung ist die Steigerung der Qualität und Wertschöpfung in den Gesundheitseinrichtungen durch ständige Verbesserung der Prozesse. Dazu werden neben personellen Ressourcen auch Instrumente und Methoden zur Beherrschung der komplexen Prozesse benötigt.

Doch wie kann eine prozessorientierte Denkweise nachhaltig zur Stärkung der inzwischen erforderlichen Dienstleistungsmentalität führen? „Nachhaltigkeit“ wird als eine durch bewusstes und aktives Handeln beeinflusste Entwicklung verstanden. Eine „nachhaltige Entwicklung“ versetzt die Unternehmen durch entsprechende Personalressourcen in die Lage, innovativ und konkurrenzfähig zu sein (Priebe 2007). Somit ist gut qualifiziertes medizinisches Personal Voraussetzung dafür, auf lange Sicht hochwertige Gesundheitsdienstleistungen anbieten zu können.

### **2.1 Transferansatz industrieller Erfahrungen**

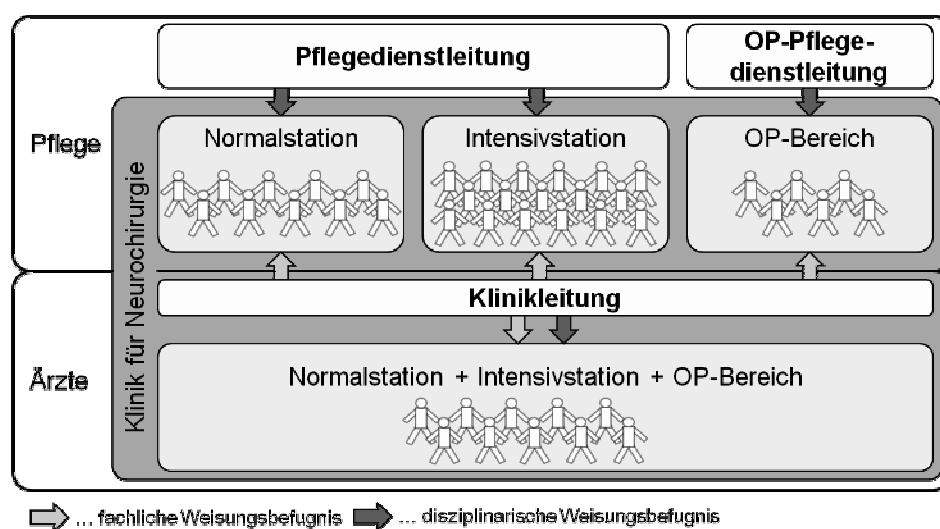
Die deutsche Industrie, insbesondere die Automobilindustrie war in den letzten zwei Jahrzehnten in einer ähnlichen Situation, wie die Gesundheitseinrichtungen heute. Sie musste in kurzer Zeit ihre Gesamtsituation gegenüber dem Kunden durch geeignete Maßnahmen verbessern. Darauf wurde mit der Entwicklung und Einführung von Produktionssystemen, nach dem Vorbild Toyotas, reagiert. In diesem Systemansatz wurden drei feste, generische Ziele verankert: Vermeidung von Muda (Verschwendung), Erhöhung der Produktqualität sowie Steigerung der Mitarbeiterzufriedenheit, welche sich aus den dominierenden Unternehmenszielen Rentabilität und Kundenzufriedenheit ableiten lassen. Durch diese Herangehensweise konnten kontinuierlich die Prozesse, Produkte und Leistungen und somit auch die Produktivität verbessert werden. Ein Transfer der Erfahrungen aus der Industrie, mit entsprechend der Situation angemessenen Modifikationen, soll die Krankenhäuser dazu befähigen, sich langfristig so auszurichten, dass die patientenunabhängigen Prozesse einer permanenten kontinuierlichen Verbesserung unterliegen und die patientenabhängigen Prozesse ein konstantes Qualitätsniveau erreichen. Das Krankenhaus wird nunmehr zum Dienstleistungsunternehmen, welches seine Prozesse permanent hin-

terfragen und optimieren muss. Dazu wurde der erste Ansatz eines Medizinischen Dienstleistungssystems „proLIFE“ entwickelt.

Dieses Konzept ist die Zusammenführung einer Reihe von Methoden, die es branchenspezifisch zu erproben gilt. Wenn diese an die jeweilige Gesundheitseinrichtung angepasst werden, können sie die Dienstleistungsmentalität befördern und die Mitarbeiter unterstützen auf die veränderten Rahmenbedingungen zu reagieren. Allerdings ist der Erfolg eines solchen Systemansatzes, genau wie in der Industrie, ganz erheblich von der Kultur eines Unternehmens abhängig. Welche internen Rahmenbedingungen liegen vor? Welche Motivation haben die Mitarbeiter? Welche Unterstützung erhalten die Mitarbeiter in Form von Schulungen? Die Einflussgrößen und Erfolgschancen werden derzeit an der Professur Arbeitswissenschaft mit einem Praxispartner in Chemnitz erprobt.

## 2.2 Kooperationsprojekt Klinikum Chemnitz gGmbH

Um die Wirkung der Methoden eines Medizinischen Dienstleistungssystems zu testen und erste Effekte zu erzielen, wurde im September 2008 ein Kooperationsprojekt zwischen der Klinikum Chemnitz gGmbH und der Professur Arbeitswissenschaft der Technischen Universität Chemnitz gestartet. Die Klinikum Chemnitz gGmbH umfasst 23 Kliniken an drei Standorten, die in einer Drei-Säulen-Struktur organisiert sind: Verwaltung, Ärzte und Pflege. In einer Klinik, der Klinik für Neurochirurgie, wird der Einsatz verschiedener Methoden aus dem Medizinischen Dienstleistungssystem pilothaft getestet. Der Chefarzt dieser Pilotklinik verantwortet drei Aktionsbereiche: eine Normalstation, eine Intensivstation und zwei OP-Säle mit insgesamt vier Oberärzten, acht Assistenzärzten und ca. 40 Pflegekräften. Dabei hat er gegenüber den ihm unterstellten Ärzten disziplinarische und fachliche Weisungsbefugnis. Bei den Pflegekräften ist er lediglich befugt fachliche Anweisungen zu geben. Disziplinarisch und organisatorisch werden sie von der Pflegedienstleitung des Standortes geführt (vgl. Abbildung 1).



**Abbildung 1:** Struktur der Klinik für Neurochirurgie

Die drei dargestellten Aktionsbereiche der Klinik zeichnen sich durch grundverschiedene Dienstleistungs-Patienten-Beziehungen aus, die es zu berücksichtigen gilt. Die Prozesse auf der Intensivstation unterschieden sich von denen der Normalstation erheblich in der Wahrnehmung durch den Patienten.

Die Zusammenarbeit und Kommunikation der Ärzte und Pflegekräfte wird maßgeblich durch die individuellen Fähigkeiten und Fertigkeiten der Akteure bestimmt. Wichtig ist, dass sowohl die patientenabhängigen als auch die patientenunabhängigen Prozesse so standardisiert werden, dass sie qualitativ gleichwertig ablaufen. Die Standardisierung von Prozessen hat in der Industrie einen hohen Stellenwert und bietet auch für Gesundheitseinrichtungen das Potenzial die Transparenz zu erhöhen, Schnittstellenverluste zu reduzieren und langfristig Kosten zu senken. Diese Notwendigkeit wird zwar erkannt, aber bisher fehlen den Ärzten und Pflegekräften für die Umsetzung oft die Zeit, die Plattform und die methodischen Kompetenzen. Diese Situation soll durch aktive wissenschaftliche Begleitung verbessert werden. So wurde beispielsweise in moderierten Workshops mit Ärzten und Pflegepersonal gemeinsam eine Checkliste für den lumbalen Bandscheibenvorfall erarbeitet, die die Transparenz der Behandlung erhöht und einen reibungslosen Ablauf gewährleistet. Durch diese partizipative Vorgehensweise wurde in der Klinik erstmals die Plattform für eine berufsgruppenübergreifende Diskussion vorhandener Probleme geschaffen. Dies ermöglichte das Fachwissen und die Erfahrungen aller Beteiligten zusammenzuführen. Dadurch wurden zum einen ein qualitativ hochwertiges Ergebnis und zum anderen eine hohe Akzeptanz erreicht, die die nachhaltige Verankerung der Methoden in der täglichen Routine sicherstellt. Zudem trägt die neutrale Moderation dazu bei, dass sowohl die Methodenkompetenz zur zielgerichteten Problemlösung vermittelt als auch mit dem fachfremden Input der Blickwinkel erweitert wird.

### 3. Ausblick

Nach Abschluss der Aktivitäten in der Pilotklinik sollen die Ergebnisse und Erfahrungen auf andere Kliniken der Klinikum Chemnitz gGmbH übertragen werden. Die Mitarbeiter des Klinikums werden aktiv an den Inhalten des Dienstleistungssystems „proLIFE“ mitwirken und somit die Implementierung positiv beeinflussen. Weiterhin soll ein Erfahrungsbericht zeigen, wie vorhandene Lösungen aus der Industrie auf den medizinischen Bereich übertragen und zusätzlich neue Lösungen gefunden werden können.

### 4. Literatur

1. Eckart, W.U. 2009, Geschichte der Medizin, 6. Auflage. Heidelberg: Springer Medizin Verlag, S. 182f.
2. Eichhorn, S. 1997, Integratives Qualitätsmanagement im Krankenhaus. Stuttgart: Verlag W. Kohlhammer.
3. Franke, D.H. 2007, Krankenhaus-Management im Umbruch, Konzepte – Methoden – Projekte. Stuttgart: Verlag W. Kohlhammer.
4. Friesdorf, W. 1990, Ergonomie in der Intensivmedizin. Melsungen: Bibiliomed Verlag.
5. Gorschlüter, P. 1999, Das Krankenhaus der Zukunft. Stuttgart: Verlag W. Kohlhammer.
6. Müller-Bellingrodt, T. 1998, Erfolgsfaktor Patientenumgang, f&w Führen und wirtschaften im Krankenhaus, 15.Jahrgang, Heft 1, 22-23.
7. Priebe, A. 2007, Nachhaltige Personalentwicklung in kleinen und mittleren Unternehmen, Dissertation. Bielefeld: Universität Bielefeld.
8. Rüegg-Stürm, J. 2007, Krankenhäuser unter Druck, Ärzteblatt, 104(50), A3464-7.

# Das arbeitspolitische Rahmenkonzept zur Entwicklung und Förderung der Beschäftigungsfähigkeit in Nordrhein-Westfalen

Gottfried RICHENHAGEN

*Ministerium für Arbeit, Gesundheit und Soziales des Landes  
Nordrhein-Westfalen, Fürstenwall 25, D-40219 Düsseldorf*

**Kurzfassung:** Der vorliegende Beitrag beschreibt zusammenfassend das arbeitspolitische Rahmenkonzept zur Entwicklung und Förderung von Beschäftigungsfähigkeit, das vom Ministerium für Arbeit, Gesundheit und Soziales des Landes Nordrhein-Westfalen entwickelt wurde. Eine ausführliche Darstellung findet sich in Loß et al. 2009.

**Schlüsselwörter:** Beschäftigungsfähigkeit, Arbeitsfähigkeit, Arbeitspolitik.

## 1. Einleitung

Mit zunehmender Dynamik und Flexibilisierung der Arbeitswelt wird es für die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter immer wichtiger, ihre eigene Kompetenz, Motivation und Gesundheit und damit ihre Beschäftigungsfähigkeit zu erhalten und fortzuentwickeln, denn so erhöhen sich die Chancen, dauerhaft am Arbeitsleben teilzunehmen. Die Entwicklung der Beschäftigungsfähigkeit hat aber auch eine wichtige Bedeutung für die Unternehmen selbst. Investitionen in die Beschäftigungsfähigkeit der Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen sind zugleich Investitionen in die Innovations- und Wettbewerbsfähigkeit. Dauerhaft erfolgreich sind unter den Bedingungen moderner Arbeitswelten oft Unternehmen, die ihre Beschäftigten durch geeignete Arbeits- und Unternehmensstrukturen unterstützen, sich offen und konstruktiv neuen Herausforderungen zu stellen.

Allerdings verfügen insbesondere manche kleine und mittlere Betriebe und ihre Beschäftigten nicht über die notwendigen Kapazitäten und das erforderliche Know-how, entsprechende Voraussetzungen zu schaffen. Allgemein verfügen sie jedoch über Potentiale (z.B. schlanke und flexible Unternehmensstrukturen, direkte und unbürokratische Kommunikationsmöglichkeiten), deren Stärkung ihnen eigenständige Entwicklungen ermöglichen kann. Zur Sicherung des Wirtschaftsstandortes, zur Erhaltung und zur Schaffung von Arbeitsplätzen sowie zur Stärkung der Beschäftigungsfähigkeit von Frauen und Männern kommt es darauf an, die Entwicklung dieser Potentiale systematisch und andauernd zu fördern.

Es liegt deshalb im Interesse des Staates, insbesondere kleine und mittlere Unternehmen und ihre Beschäftigten dabei zu unterstützen, die notwendigen betrieblichen und persönlichen Bedingungen eigenständig und nachhaltig zu gestalten und die vorhandenen Handlungsspielräume zu erweitern bzw. zu nutzen. Zur Erreichung dieser Zielsetzung leistet die Politik der Landesregierung Nordrhein-Westfalen mit ihrem Rahmenkonzept zur Beschäftigungsfähigkeit einen Beitrag. Es steht unter dem Motto „Erfolgreich Arbeiten: Qualifizierter. Flexibler. Gesünder.“



## 2. Das Konzept

### 2.1 Individuelle und organisationale Beschäftigungsfähigkeit

Dem hier dargestellten arbeitspolitischen Konzept, das auf einem differenzierten Instrumenten-Mix aus Beratung, Weiterbildungsaktivierung, innovativen Projekten sowie auf einem zielgerichteten Informations- und Servicemanagement ruht, liegt in Anlehnung an die in der Literatur bekannten Begriffsbestimmungen (Blancke et al. 2000; Rump & Eilers 2006) die folgende Definition zugrunde: Beschäftigungsfähig zu sein, bedeutet, über ausreichende und aktuelle Qualifikationen, Kompetenzen und Fähigkeiten, Gesundheit, Flexibilität und Mobilität zu verfügen, um die sich ständig ändernden Anforderungen in Beruf und Arbeit, zielgerichtet und eigenverantwortlich bewältigen zu können, und so in der Lage zu sein, auf Basis Existenz sichernder Arbeit am gesellschaftlich-wirtschaftlichen Leben teilzuhaben.

Der Begriff der Beschäftigungsfähigkeit steht in einem engen Zusammenhang mit dem in der Arbeitswissenschaft, insbesondere von Ilmarinen & Tuomi (2004), entwickelten Begriff der Arbeitsfähigkeit („work ability“): Arbeitsfähigkeit kann man kurz als „on-the-job employability“ bezeichnen (zur genauen Abgrenzung der Begriffe, auch im Verhältnis zum Begriff der Leistungsfähigkeit vgl. z.B. Richenhagen 2009). Beide Begriffe erscheinen zunächst einmal als reine Eigenschaft der Person, als Eigenschaft, die allein und ausschließlich dem Individuum zukommt. Dies ist allerdings nur eine vordergründige Betrachtungsweise. Denn die mit der Beschäftigungsfähigkeit verbundenen zentralen personalen Attribute wie kompetent, gesund, motiviert, flexibel, mobil etc. können sich nur im Arbeitsprozess letztendlich ausbilden, erhalten und weiterentwickeln. Im Rahmen des hier vertretenen Konzeptes geht es also immer um die Förderung von betrieblichen Verhältnissen und beruflichen Verhaltensweisen, die zur Erhaltung und Verbesserung von Beschäftigungsfähigkeit bei der Ausübung von Erwerbsarbeit beitragen. Man spricht daher auch von individueller und organisationaler Beschäftigungsfähigkeit sowie der gemeinsamen Verantwortung, die Unternehmen und Beschäftigte für die Beschäftigungsfähigkeit tragen. „Erfolgreich Arbeiten: Qualifizierter. Flexibler. Gesünder.“ setzt bei dieser gemeinsamen Verantwortung an und verkürzt Beschäftigungsfähigkeit nicht auf individuelle Faktoren.

### 2.2 Ziel, Adressaten und Handlungsfelder

Ziel ist es, kleine und mittlere Unternehmen sowie deren Beschäftigte im Hinblick auf den Erhalt und die Förderung von Beschäftigungsfähigkeit zu aktivieren und zu unterstützen. Dabei wird nicht unterstellt, dass sich das Thema bei den angezielten Adressaten in genau dieser Form stellt: Kaum ein Unternehmen, kaum ein Beschäftigter wird abstrakt und direkt den Erhalt oder die Förderung von Beschäftigungsfähigkeit thematisieren. Im betrieblichen Alltag treten jedoch eine Vielzahl von Problemen auf, hinter denen neben anderen Herausforderungen auch solche zu vermuten sind, die mit der individuellen und organisationalen Beschäftigungsfähigkeit zu tun haben, wie z.B. sinkende Produktivität, Qualitätsprobleme, hohe Fehlzeiten u.a. Sie machen sich im Allgemeinen durch einen wachsenden Problem- und Handlungsdruck bemerkbar.

Erst die genauere und ganzheitliche Befassung mit den jeweiligen Problemlagen ergibt (u.U. mit Hilfe der so genannten Potentialberatung, vgl. Abschnitt 2.3), in welchen Themenfeldern der Beschäftigungsfähigkeit wirksame Lösungsstrategien entwickelt und umgesetzt werden müssen. Insgesamt geht das Konzept von drei The-



menfeldern aus, in denen Maßnahmen erforderlich sein können: Kompetenzentwicklung (z.B. vorausschauende Personalentwicklung, flexiblerer Personaleinsatz durch kontinuierliche Weiterbildung, Innovationen durch kompetente Beschäftigte), Arbeitsorganisation (z.B. flexible Arbeitszeitmodelle, Einführung innovativer Verfahren zur Orientierung auf neue Märkte, Produkte oder Kunden, Neugestaltung der Ablauforganisation), Arbeitsgesundheit (z.B. betriebliche Gesundheitsförderung, erweiterte Handlungsspielräume, Förderung der Arbeitsfähigkeit). Dabei greifen die Themenfelder in vielfältiger Weise ineinander bzw. beeinflussen sich wechselseitig.

### *2.3 Instrumente und Förderangebote*

Zur Herstellung, Erhaltung und Weiterentwicklung der Beschäftigungsfähigkeit stellt die Landesregierung einerseits flächenwirksame Instrumente für kleine und mittlere Betriebe und ihre Beschäftigten im Wege der anteiligen Förderung zur Verfügung. Andererseits werden neue Instrumente und Verfahren im Rahmen von innovativen Projekten entwickelt, erprobt und transferiert. Alle Förderangebote zielen auf Breitenwirkung und Verallgemeinerung. Ziel ist es, Anstöße zu geben, auch ohne öffentliche Förderung im Betrieb aktiv zu werden, „gute Praxis“ zu entwickeln und zu transferieren sowie geeignete Strukturen herzustellen und zu verankern.

Flächenwirksame Angebote, sind vor allem die Potentialberatung, der Bildungsscheck „Nordrhein-Westfalen“ sowie das Informations- und Servicemanagement. Die genannten Instrumente werden im Handlungsfeld „Gesundheit bei Arbeit“ durch Unterstützungsmaßnahmen der Krankenkassen ergänzt, die diese nach § 20 SGB V, insbesondere § 20 a SGB V anbieten. Die Entscheidung über die Nutzung aller dieser Angebote erfolgt allein durch die Betriebe.

Potentialberatung heißt: Unter Beteiligung der Beschäftigten ermittelt eine vom Betrieb ausgewählte Unternehmensberatung dessen Stärken und Schwächen. Es wird gemeinsam ein verbindlicher Handlungsplan zur Verbesserung der betrieblichen Praxis entwickelt und - so weit wie möglich - umgesetzt. Dabei geht es nicht um traditionelle Sanierungs- oder Rationalisierungsberatung mit dem Ziel des Personalabbaus oder der Unternehmensverlagerung, sondern um eine Analyse auf Basis des Konzeptes der Beschäftigungsfähigkeit. Dieses Angebot des Landes richtet sich an kleine und mittlere Betriebe in Nordrhein-Westfalen, die älter als fünf Jahre sind und weniger als 250 Beschäftigte haben. Sie können sich für bis zu 15 Beratungstage - aus Mitteln des Europäischen Sozialfonds - 50 Prozent der Kosten bis maximal 500 Euro pro Beratungstag bezuschussen lassen. Dazu erhalten sie in einer von rund 100 Beratungsstellen in Nordrhein-Westfalen nach einer obligatorischen Beratung einen Beratungsscheck (zu den Details vgl. [www.potentialberatung.nrw.de](http://www.potentialberatung.nrw.de)).

In ähnlicher Weise funktioniert der „Bildungsscheck Nordrhein-Westfalen“, der sowohl an Unternehmen für ihre Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter (betrieblicher Zugang) als auch direkt an einzelne Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer (individueller Zugang) ausgegeben wird. Mit ihm fördert die nordrhein-westfälische Landesregierung anteilig die Teilnahme an beruflicher Weiterbildung (vgl. im Einzelnen [www.bildungsscheck.nrw.de](http://www.bildungsscheck.nrw.de)).

Flächenwirksam ist auch das ausgeprägte und sich ständig weiterentwickelnde Informations- und Servicemanagement zum Thema Beschäftigungsfähigkeit. Ziel ist es dabei, Unternehmen und Beschäftigte als Kunden zu betrachten, die je nach ihren Bedarfen unterschiedlich, vor allem unterschiedlich intensiv unterstützt werden wollen. Neben den flächenwirksamen Instrumenten werden sog. innovative Projekte initiiert, die durch arbeitspolitische Innovation nachhaltige Strukturveränderungen her-

vorbringen sollen. Auch ist die Beteiligung der Beschäftigten essentieller Bestandteil des arbeitspolitischen Konzeptes. Dies kommt z.B. dadurch zum Ausdruck, dass die Einverständniserklärung der betrieblichen Interessenvertretung (soweit vorhanden) Fördervoraussetzung für die Potentialberatung ist.

### 3. Erste Ergebnisse

“Erfolgreich Arbeiten: Qualifizierter. Flexibler. Gesünder.” ist kein starres, in allen Einzelheiten festgeschriebenes Konzept, sondern es entwickelt sich ständig weiter. Es setzt auf langfristige Entwicklungen bei Unternehmen und Beschäftigten und wirkt ergänzend zu den Ansätzen, Konzepten und Strategien anderer Akteure und Organisationen, im Handlungsfeld Gesundheit z. B. zu den Fördermöglichkeiten der Krankenkassen. Verschiedene Indikatoren lassen vermuten, dass nachhaltige Wirkungen eingetreten sind bzw. noch eintreten werden:

- Von 2001 bis zum Jahre 2008 haben fast 13.000 Unternehmen mit mehr als 400.000 Beschäftigten eine Potentialberatung in Nordrhein-Westfalen in Anspruch genommen, ca. 83 % davon mit weniger als 50 Beschäftigten. In diesen Unternehmen konnte dabei im genannten Zeitraum ein überdurchschnittlicher Zuwachs an Arbeitsplätzen erreicht werden.
- Von Anfang 2006 bis zum 1. Quartal 2008 wurden ca. 109.000 Bildungsschecks eingelöst, ca. 83.000 Beschäftigte von KMU haben an einer durch den Bildungsscheck geförderten beruflichen Weiterbildung teilgenommen. Dazu wurden von den Beratungsstellen ca. 25.000 Beratungsgespräche geführt. Dabei hat nur etwa jedes vierte Unternehmen die Förderung in Anspruch genommen, ohne dass hierdurch zusätzliche Weiterbildungsaktivitäten stimuliert worden wären.
- Von 2004 bis 2008 sind im Rahmen des Informations- und Servicemanagements rund 12.000 Anfragen eingegangen. Bei den Antworten wurde eine sehr hohe Kundenzufriedenheit erreicht. Die Dialogdatenbank enthält fast 6.000 Dialoge, die in den beiden letzten Jahren von über 1 Mio. Kunden genutzt wurden, jeder Dialog wird im Durchschnitt von über 400 Personen gelesen.

### 4. Literatur

1. Blancke, S., Roth, C. & Schmid, J. 2000, Employability („Beschäftigungsfähigkeit“) als Herausforderung für den Arbeitsmarkt - Auf dem Weg zur flexiblen Erwerbsgesellschaft - Eine Konzept- und Literaturstudie. Arbeitsbericht 157. Stuttgart: Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden-Württemberg.
2. Ilmarinen, J. & Tuomi, K. 2004, Past, Present and Future of Work Ability. In: J. Ilmarinen & S. Lehtinen (Eds.), Past, Present and Future of Work Ability, People and Work - Research Reports 65, Finnish Institute of Occupational Health.
3. Loß, U., Matzdorf, R., Richenhagen, G. & Riepert, W. 2009, Erfolgreich Arbeiten: Qualifizierter. Flexibler. Gesünder, Zeitschrift für Arbeitswissenschaft, 63, 277 - 283.
4. Richenhagen, G. 2009, Leistungsfähigkeit, Arbeitsfähigkeit, Beschäftigungsfähigkeit und ihre Bedeutung für das Age Management. In: Initiative Neue Qualität der Arbeit/Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (Hrsg.), Abschlussbericht des PFIFF-Projektes, S. 73 - 88.
5. Rump, J. & Eilers, S. 2006, Managing Employability. In: J. Rump, T. Sattelberger & H. Fischer (Hrsg.), Employability Management - Grundlagen, Konzepte, Perspektiven. Wiesbaden: Gabler, S. 13 - 73.

# Auswirkungen der Wirtschaftskrise auf Bedingungen für die Beschäftigungsfähigkeit am Beispiel eines Automobilzulieferunternehmens

Falk RICHTER

*Institut für Psychologie, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg,  
Brandbergweg 23c, D-06120 Halle (Saale)*

**Kurzfassung:** Gegenstand des vorliegenden Beitrags ist die Analyse von Merkmalen der Arbeitssituation bei Beschäftigten eines Automobilzulieferunternehmens. Dabei werden insbesondere die Auswirkungen der aktuellen Wirtschaftskrise sowie Erfolgsfaktoren für die weitere Existenz des Unternehmens vor dem Hintergrund dieser Krise thematisiert.

**Schlüsselwörter:** Wirtschaftskrise, Arbeitssituation, Erfolgsfaktoren, Längsschnitt.

## 1. Einleitung

Automobilzulieferer gehören zu den Unternehmen, die von der aktuellen Wirtschaftskrise in besonderem Maße betroffen sind. Nach einer im September 2009 veröffentlichten Studie der Unternehmensberatung Roland Berger mussten bis zu diesem Zeitpunkt im laufenden Jahr bereits 70 solcher Firmen in Deutschland Insolvenz anmelden, bis Jahresende wurden 40 bis 50 weitere Insolvenzen erwartet (WELT ONLINE, 12.09.2009). Die Unternehmen der Branche reagieren auf die Schwierigkeiten v.a. mit einer Senkung von Personalkosten durch den Abbau von Personal (v.a. Leiharbeiter) und durch Kurzarbeit.

Bei einem mittelständischen Unternehmen dieser Branche in den neuen Bundesländern ergab sich die Möglichkeit, die Auswirkungen der Krise auf Arbeitsaufgaben, Unternehmenskultur und das Führungsverhalten sowie Indikatoren der Leistungsfähigkeit und Leistungsbereitschaft im Längsschnitt zu analysieren.

Gegenstand dieses Beitrags sind die Analyse und Bewertung der Arbeitsgestaltung, die Analyse von Auswirkungen der Wirtschaftskrise sowie die Analyse von Faktoren, die zum relativen Erfolg des Unternehmens beigetragen haben.

## 2. Methode

Die Analysen erfolgten zu mehreren Messzeitpunkten. Eine expertenorientierte („objektive“) Analyse und Bewertung der Beeinträchtigungsfreiheit und Persönlichkeitsförderlichkeit, flankiert durch eine breit angelegte Fragebogenerhebung, wurde zum einen im Zeitraum Juli-September 2008, zum anderen im Zeitraum August bis Oktober 2009 durchgeführt. Diese Analysen bezogen sich auf die Mitarbeiterinnen der Fertigung (alle Beschäftigten in diesem Bereich sind Frauen). Für den ersten Erhebungszeitpunkt liegen 38 auswertbare Datensätze aus Fragebögen vor, für den zweiten Erhebungszeitpunkt 17 Datensätze.

Für die expertenorientierte Bewertung wurde auf das REBA-Verfahren (Pohlandt et al. 2007) zurückgegriffen. Für die Bewertung benötigte Informationen wurden mit-

tels Beobachtung von Stelleninhabern und teilstandardisierten Interviews mit einem Personalverantwortlichen sowie Stelleninhabern erfasst. Soweit möglich wurden darüber hinausgehend zu mehreren Zeitpunkten Informationen zur Unternehmensstrategie, zur ökonomischen Lage und zu laufenden Veränderungen erhoben.

Zu Zwecken einer subjektiven Analyse von Merkmalen der Arbeitssituation und zur Erfassung von Merkmalen beruflichen Wissens und Könnens, arbeitsbezogener Motivation, der Arbeitszufriedenheit und des Gesundheitserlebens wurden verschiedene etablierte Fragebögen verwendet (Felfe & Goihl 2002; Felfe et al. 2002; Moser & Schuler 1993; Nitsche & Richter 2003; Richter 2000; Richter & Wardanjan 2000; Schwarzer 1994; Sonntag & Schäfer-Rauser 1993; Tuomi et al. 1998; Udris & Rimmann 1999; Wardanjan et al. 2000).

Die Auswertung erfolgte hauptsächlich deskriptiv. Zur Analyse von Unterschieden in den Befragungsergebnissen zwischen den Messzeitpunkten wurde der Mann-Whitney-U-Test für unabhängige Stichproben verwendet, da leider nicht alle Datensätze aus 2008 und 2009 paarweise zugeordnet werden konnten.

### 3. Ergebnisse

Aus Befragungen des Personalverantwortlichen lassen sich als Effekte der Wirtschaftskrise v.a. Veränderungen in den Bereichen Personal und Schichtsystem festhalten. Vor Beginn der Krise betrug der Leiharbeiter-Anteil an der Gesamtbelegschaft knapp 40 Prozent. Dieser Anteil wurde bis Anfang 2009 quasi auf Null reduziert, des weiteren musste – allerdings nur für wenige Tage – auf Kurzarbeit umgestellt werden. Alle Mitarbeiterinnen des Stammpersonals konnten weiter beschäftigt werden. Nach einem Tiefpunkt im Februar 2009 erfolgte ein „behutsamer“ Aufbau des Leiharbeiter-Anteils, der zum Zeitpunkt der zweiten Erhebung bei der Gesamtbelegschaft wiederum bei 20 Prozent lag. Wurde früher ein Drei-Schicht-System gefahren, so gab es zum zweiten Erhebungszeitpunkt lediglich ein Zwei-Schicht-System mit relativ dünn besetzter Spätschicht. Die Veränderungen resultieren weniger aus einem kompletten Wegbrechen von Aufträgen als vielmehr aus verringerten Volumina der einzelnen Aufträge. Als Erfolgsfaktoren für den relativ guten Stand des Unternehmens wurden explizit die vormals hohe Leiharbeiterquote und eine solide finanzielle Basis des Unternehmens (Schuldenfreiheit) genannt.

Die Beschäftigten des Stammpersonals sind z.T. schon sehr lange im Unternehmen tätig (bis zu 12 Jahre und mehr). Neues Stammpersonal wird aus vorhandenen Leiharbeiterinnen in Abhängigkeit von deren bisheriger Leistung sowie der zukünftigen Auftragslage des Unternehmens rekrutiert.

Gegenstand der untersuchten Tätigkeit ist die Fertigung hochstandardisierter Kleinteile, die entweder in Handarbeit oder mit Hilfe von Maschinen zusammengefügt werden. Die Tätigkeit der Mitarbeiterinnen in der Fertigung umfasst neben ausführenden Teiltätigkeiten zu geringen Zeitanteilen auch Teiltätigkeiten der Vor- und Nachbereitung (Materialbeschaffung, Verpackung) und Kontrolle. Organisierende Tätigkeitsbestandteile sind allerdings kaum vorhanden. Als Ergebnis der expertenorientierten Arbeitsanalyse sind im Hinblick auf die Lern- und Persönlichkeitsförderlichkeit als besonders kritisch einzustufen: der Wiederholungsgrad von Verrichtungen (Bearbeitung von mehreren tausend Kleinteilen pro Schicht), der geringe inhaltliche Entscheidungsspielraum, geringe Partizipationsmöglichkeiten, einförmige Bewegungen und Haltungen (überwiegend sitzende Tätigkeit), geringe Kooperationsanforderungen und das Niveau der geforderten beruflichen Vorbildung. Als eher günstig können

hervorgehoben werden: die Rückmeldung aus dem Tätigkeitsverlauf infolge eigener kontrollierender Teiltätigkeiten, die Vorhersehbarkeit von Aufgabenanforderungen und die Widerspruchsfreiheit (z.B. kein Konflikt zwischen Quantitäts- und Qualitätsanforderungen). Es gibt beispielsweise keine konkreten Zeitvorgaben für die Fertigstellung eines Loses, sondern lediglich Erfahrungswerte, die beispielsweise auch von der Erfahrung der Beschäftigten an einem bestimmten Arbeitsplatz abhängen. Nach Auffassung des Personalverantwortlichen führe die zunehmende Erfahrung bei der Ausführung einer begrenzten Anzahl von Arbeitsgangstufen dabei auch nach vielen Wochen und Monaten noch zu weiteren Verbesserungen der Arbeitsleistung. Job Rotation wirke sich dabei eher ungünstig aus, weshalb ein regelmäßiger Wechsel zwischen Arbeitsplätzen in der Fertigung nicht die Regel sei, aber in einzelnen Linien durchaus praktiziert werde.

Eine gewisse Variabilität bei den zu fertigenden Teilen (in Abhängigkeit von Fahrzeugmarke und -modell) bewirkt eine gewisse Abwechslung, die bei einem Loswechsel teilweise bereits innerhalb einer Schicht, teilweise erst über mehrere Schichten hinweg in Erscheinung tritt. Diese Variabilität hat im Verlauf der Wirtschaftskrise zugenommen, da die Anzahl unterschiedlicher Produkte und zu bedienender Maschinen bei gesunkenen Stückzahlen je Produkt gleichgeblieben ist bzw. teilweise sogar gestiegen ist.

Bei den Fragebogenergebnissen zeigen sich im Vergleich zwischen den beiden Erhebungszeitpunkten signifikant günstigere Einschätzungen bei Aspekten transformationaler und transaktionaler Führung sowie bei der allgemeinen Selbstwirksamkeitserwartung. Leichte Verbesserungen, die allerdings nicht signifikant ausfallen, finden sich bei der Einschätzung von Tätigkeitsspielraum, Anforderungsvielfalt und zeitlichen Freiräumen, bei mitarbeiterorientiertem Vorgesetztenverhalten sowie beim kalkulatorischen Commitment. Belastendes Führungsverhalten hat (nicht signifikant) abgenommen. Bei der körperlichen Arbeitsfähigkeit geben die Befragten allerdings etwas geringere Werte an (Unterschied ist nicht signifikant). Keine Veränderungen sind festzustellen bei Selbsteinschätzungen der Fach-, Sozial- und Methodenkompetenz, bei Ansprüchen an die Aufgabengestaltung, bei der Arbeitszufriedenheit, beim Involvement, beim affektiven und normativen Commitment sowie bei der seelischen Gesundheit.

Allgemein ist festzustellen, dass insbesondere die Entwicklungsmöglichkeiten und Partizipationsmöglichkeiten, aber auch die lernförderlichen Merkmalen der konkreten Arbeitsaufgabe relativ geringe Ausprägungen aufweisen. Auffälligerweise sind sowohl das affektive als auch das kalkulatorische organisationale Commitment relativ hoch ausgeprägt.

#### **4. Diskussion**

Es zeigt sich, dass die Wirtschaftskrise in dem hier untersuchten Unternehmen v.a. negative Auswirkungen für die dort beschäftigten Leiharbeiterinnen hatte. Für das Stammpersonal zeigen sich eher keine negativen Effekte. Die Variabilität hat eher zugenommen, die Belastung z.B. durch ein Mehrschichtsystem eher abgenommen. Bei den Fragebogenergebnissen sind teilweise signifikant günstigere Einschätzungen der Arbeitssituation und motivationaler Merkmale festzustellen.

Die untersuchte Tätigkeit weist im Hinblick auf die Lern- und Persönlichkeitsförderlichkeit allerdings zu beiden Erhebungszeitpunkten z.T. erhebliches Gestaltungspotential auf. Trotz der im Automobilbau üblichen Standardisierung zeigen sich an die-



ser Stelle aber auch gewisse Freiräume. So ist beispielsweise festzustellen, dass konkrete Zeitvorgaben in der Fertigung keine notwendige Bedingung für den Erfolg eines Unternehmens in dieser Branche sind.

Das Unternehmen gehört nach aktuellem Kenntnisstand zu den Unternehmen, die der Krise trotzen konnten, was zum einen auf eine hohe numerische Flexibilität durch einen hohen Leiharbeiteranteil, zum anderen auf eine relative Unabhängigkeit von fremdem Kapital zurückgeführt werden kann. Nicht zuletzt handelt es sich um ein nicht-börsennotiertes Familienunternehmen. Aus arbeits- und organisationspsychologischer Sicht können zusätzlich eine langjährige und hohe Bindung der Beschäftigten an das Unternehmen, verbunden allerdings auch mit wenig Jobalternativen für diesen Erfolg verantwortlich gemacht werden.

## 5. Literatur

1. Felfe, J. & Goihl, K. 2002, Fragebogen zur Erfassung transformationaler Führung. Deutsche adaptierte Version des Multifactor Leadership Questionnaire (MLQ). In: A. Glöckner-Rist (Hrsg.), ZUMA-Informationssystem (ZIS), Elektronisches Handbuch sozialwissenschaftlicher Erhebungsinstrumente, Version 6.00. Mannheim: ZUMA.
2. Felfe, J., Six, B., Schmook, R. & Knorz, C. 2002, Fragebogen zur Erfassung von affektivem, kalkulatorischem und normativem Commitment gegenüber der Organisation, dem Beruf/der Tätigkeit und der Beschäftigungsform (COBB). In: A. Glöckner-Rist (Hrsg.), ZUMA-Informationssystem (ZIS), Elektronisches Handbuch sozialwissenschaftlicher Erhebungsinstrumente, Version 6.00. Mannheim: ZUMA.
3. Moser, K. & Schuler, H. 1993, Validität einer deutschsprachigen Involvement-Skala, Zeitschrift für Differentielle und Diagnostische Psychologie, 14, 27-36.
4. Nitsche, I. & Richter, P. 2003, Tätigkeiten außerhalb der Erwerbsarbeit. Evaluation des TAURIS-Projektes. Münster: Lit.
5. Pohlandt, A., Debitz, U., Jordan, P., Richter, P. & Schulze, F. 2007, REBA ergoInstrument 8.0, Rechnergestützte Bewertung von Arbeitstätigkeiten für die Sicherheit und den Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz (Handbuch und Rechnerprogramm auf CD-ROM). Bochum: Infomedia-Verlag.
6. Richter, F. 2000, Methodik der Querschnittsuntersuchungen. In: B. Bergmann, A. Fritsch, P. Göpfert, F. Richter, B. Wardanjan & S. Wilczek (Hrsg.), Kompetenzentwicklung und Berufsarbeit. Münster: Waxmann, S. 55-131.
7. Richter, F. & Wardanjan, B. 2000, Die Lernhaltigkeit der Arbeitsaufgabe - Entwicklung und Erprobung eines Fragebogens zu lernrelevanten Merkmalen der Arbeitsaufgabe (FLMA), Zeitschrift für Arbeitswissenschaft, 54, 175-183.
8. Schwarzer, R. 1994, Optimistische Kompetenzerwartung: Erfassung einer personellen Bewältigungsressource, Diagnostica, 40, 105-123.
9. Sonntag, K. & Schäfer-Rauser, U. 1993, Selbsteinschätzung beruflicher Kompetenzen bei der Evaluation von Bildungsmaßnahmen, Zeitschrift für Arbeits- und Organisationspsychologie, 37, 163-171.
10. Tuomi, K., Ilmarinen, J., Jahkola, A., Katojarinne, L. & Tulki, A. 1998, Work Ability Index. Helsinki: Finnish Institute of Occupational Health.
11. Udris, I. & Rimann, M. 1999, SAA und SALSA: Zwei Fragebögen zur subjektiven Arbeitsanalyse. In: H. Dunckel (Hrsg.), Handbuch psychologischer Arbeitsanalyseverfahren. Zürich: vdf, 397-419.
12. Wardanjan, B., Richter, F. & Uhlemann, K. 2000, Lernförderung durch die Organisation – Erfassung mit dem Fragebogen zum Lernen in der Arbeit, Zeitschrift für Arbeitswissenschaft, 54, 184-190.
13. WELT ONLINE, 12.09.2009, Autozulieferern droht eine gigantische Pleitewelle. Im Internet verfügbar unter: <http://www.welt.de/wirtschaft/article4518636/Autozulieferern-droht-eine-gigantische-Pleitewelle.html> (letzter Zugriff: 15.12.2009).



# **Verbesserung beruflicher Teilhabemöglichkeiten für Menschen mit Behinderungen - Ein Benchmarking-Ansatz zur Verbesserung der Qualität rehabilitativer Dienstleistungen in Werkstätten für behinderte Menschen**

Harald WEBER, Frank EIERDANZ und Annette BLAUDSZUN-LAHM

*Institut für Technologie und Arbeit (ITA), Technische Universität Kaiserslautern,  
Gottlieb-Daimler-Straße 42, D-67655 Kaiserslautern*

**Kurzfassung:** Im Rahmen eines Forschungsprojektes wurde gemeinsam mit WfbM ein System zur Beurteilung der Qualität von Förderung und Rehabilitation entwickelt und erfolgreich erprobt. Nach Abschluss des Forschungsprojektes kommt dieses System nun zahlreichen WfbM mit derzeit ca. 14.000 Beschäftigten zu Gute. Der Beitrag stellt das zugrunde liegende Konzept zur Erhebung der Dienstleistungsqualität vor und zeigt Nutzungsmöglichkeiten vergleichender Analysen am Beispiel einer wirkungsorientierten Kennzahl.

**Schlüsselwörter:** Benchmarking, Dienstleistungsqualität, Rehabilitation.

## **1. Einleitung**

Die über 700 Werkstätten für behinderte Menschen (WfbM) in der Bundesrepublik bieten derzeit ca. 280.000 Menschen mit Behinderungen berufliche Teilhabemöglichkeiten. Anspruch auf einen Platz in einer WfbM haben erwachsene Menschen, die wegen Art oder Schwere ihrer Behinderung keine betriebliche Berufsausbildung und keine übliche Erwerbsarbeit auf dem allgemeinen Arbeitsmarkt bekommen.

Die Gruppe der Werkstattmitarbeiter gliedert sich in Mitarbeiter mit primär einer geistigen Behinderung (78 %), einer psychischen Behinderung (18 %) sowie mit einer schweren körperlichen Behinderung (4 %), Stand 01.01.2009 (BAG 2009). WfbM erbringen Eingliederungsleistungen, indem sie darauf hinwirken, dass die individuelle Leistungsfähigkeit der Beschäftigten entwickelt, wiedergewonnen und so erhöht wird, dass sie entweder in der Werkstatt ein Mindestmaß an wirtschaftlich verwertbarer Arbeitsleistung erbringen oder ins Erwerbsleben eingegliedert werden können.

Aufgaben der „Geprüften Fachkraft zur Arbeits- und Berufsförderung in Werkstätten für behinderte Menschen“ (FAB) in ihrer Rolle als Gruppenleiter ist es, in Kooperation mit den sozialen Diensten der Werkstätten Menschen mit Behinderung auf das Arbeitsleben vorzubereiten und im Arbeitsleben zu begleiten sowie Arbeitssituationen individuell anzupassen und weiterzuentwickeln. Durch arbeitsgestalterische Maßnahmen insbesondere im Bereich der Arbeitsorganisation und –strukturierung, aber auch in Bezug auf die zielgruppengerechte Qualifizierung sowie die Ausstattung mit geeigneten technischen Hilfen, werden durch FAB berufliche Teilhabemöglichkeiten geschaffen, die sich an den individuellen Bedürfnissen und Fähigkeiten der in WfbM Beschäftigten orientieren (BMBF 2001). Ergänzt werden diese Teilhabemöglichkeiten durch berufsbildende und persönlichkeitsfördernde Maßnahmen, die pädagogische, therapeutische, soziale, psychologische, pflegerische und medizinische Dienste umfassen.

## 2. Definition der Qualität von Förderung und Rehabilitation

Das Fachpersonal in WfbM (FAB sowie Mitarbeiter sozialer bzw. begleitender Dienste) hat die Aufgabe, sowohl qualitativ hochwertige Dienstleistungen im Bereich der Förderung und Rehabilitation zur Schaffung geeigneter Teilhabemöglichkeiten zu erbringen als auch Anforderungen externer Auftraggeber für Echtarbeit in WfbM marktgerecht zu erfüllen. Während es zahlreiche Möglichkeiten gibt, den betriebswirtschaftlichen Teil dieser Arbeit zu beurteilen, fehlte es bislang an einem Maßstab, um die Qualität der Förderung und Rehabilitation messbar und damit einem Vergleich zugänglich zu machen.

Um datenbasiert die Qualität von Förderung und Rehabilitation überprüfen, vergleichen und verbessern zu können, wurde ein Kennzahlensystem benötigt, das das Spektrum der Leistungserbringung möglichst umfassend und nutzerorientiert abdeckt. Da auf solche Kennzahlen nicht zurückgegriffen werden konnte, wurde ein praxisorientiertes Verfahren gewählt, das eine enge Einbindung der Werkstätten in den Entwicklungsprozess entsprechender Kennzahlen gewährleistete. Die Beurteilung der erbrachten Leistungen wurde dabei als Zusammenhang zwischen sogenannter „objektiver“ Messung von Kennzahlen und dem „subjektiven“ Erleben der Mitarbeiter mit Behinderungen verstanden.

Die entwickelte Qualitätsmessung gliedert sich in drei Bereiche:

- Kennzahlen im Sinne „objektiver“ Indikatoren für Rehabilitations- und Förderungsqualität,
- Mitarbeiterbefragung zur Abbildung des „subjektiven“ Erlebens von Rehabilitations- und Förderungsleistungen durch die Mitarbeiter mit Behinderungen,
- Kennzahlen zur Kollektivbeschreibung zur Abbildung von Behinderungsarten, Fähigkeiten, soziodemographischen Informationen u. v. m.

Grundlage für die Entwicklung von Kennzahlen zur Abbildung von Rehabilitations- und Förderungsleistungen in WfbM war eine gemeinsam erarbeitete Definition von Qualität. Ausgehend von dieser Definition leiteten sich die Kennzahlen sowohl aus den festgelegten Qualitätszielen als auch aus den Kernprozessen der Förderung und Rehabilitation ab. Zur Befragung der Mitarbeiter mit Behinderungen wurde die Definition für die Ableitung der relevanten Befragungsdimensionen herangezogen.

Um eine umfassende Beurteilung der Leistungsqualität zu gewährleisten, wurden bei der Entwicklung folgende Qualitätskomponenten berücksichtigt: die Entwicklung von Sozial- und Handlungskompetenz bei Mitarbeitern mit Behinderungen (= Ergebnisqualität), die Förderungs- und Rehabilitationsleistung von WfbM (= Prozessqualität), sowie wesentliche Rahmenbedingungen für hohe Prozess- und Ergebnisqualität (= Strukturqualität).

## 3. Nutzung der Kennzahlen zur Qualitätsverbesserung

Um auch im täglichen Wirken der WfbM Anwendung zu finden, musste der Benchmarking-Ansatz so weit wie möglich in bestehende Prozesse integrierbar und mit vertretbarem Aufwand durchführbar sein. Nach einer Pilotanwendung in sieben WfbM mit insgesamt 27 Kennzahlen und 15 Fragen in der Mitarbeiterbefragung wurden alle Aspekte nochmals kritisch bzgl. ihrer jeweiligen Aussagekraft sowie der Abwägung der Erhebungsaufwand-Erkenntnisgewinn-Relation hinterfragt. Nach diesem Review wurde der Erhebungsaufwand auf 16 Kennzahlen und 16 Fragen beschränkt. Für die Verbesserung der Qualität ihrer rehabilitativen Dienstleistung muss das

Fachpersonal die Kennzahlen interpretieren. Dabei muss zwischen einfachen Kennzahlen und Kennzahlenbündeln unterschieden werden.

### *3.1 Einfache Kennzahlen*

Einfache Kennzahlen zeichnen sich dadurch aus, dass sie für sich alleine oder in Kombination mit anderen Kennzahlen betrachtet werden können, und üblicherweise eine Maximierung der Kennzahl angestrebt wird. So gilt es bspw. die Kennzahl „Anzahl der Mitarbeiter mit vollständigem, individuellem Förderplan, der nicht älter als ein Jahr ist, bezogen auf die Anzahl aller Mitarbeiter“ möglichst auf 100% zu maximieren. Im Sinne der Steuerung können WfbM realistische Entwicklungsschritte vom status quo zu der angestrebten Quote definieren und mit Hilfe der regelmäßig durchgeführten Datenerhebungen überprüfen.

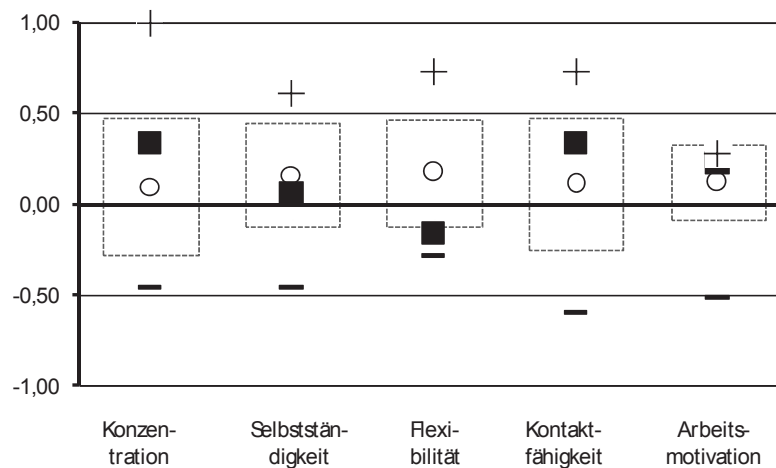
### *3.2 Kennzahlenbündel*

In vielen Fällen greift die einfache Maximierung einzelner Kennzahlen zu kurz. Bei Themenstellungen wie bspw. dem Angebot an arbeitsbegleitenden Maßnahmen (ABM) werden mehrere meist gegenläufige Kennzahlen zu Kennzahlenbündeln zusammengeführt. So ist in diesem Beispiel die Größe der Angebotspalette an ABM (Kennzahl 1) verknüpft mit den Anzahl angebotener Stunden an ABM durch die Einrichtung (Kennzahl 2), mit der Anzahl wahrgenommener Stunden durch behinderte Mitarbeiter (Kennzahl 3) sowie einer Frage aus der Mitarbeiterbefragung bzgl. der Attraktivität des Angebotes an ABM (Kennzahl 4). Wirtschaftliche Effizienz und Akzeptanz sind die im Beispiel gegenläufigen Optimierungsdimensionen. Solange jedoch keine empirisch abgesicherten Zusammenhänge dieser Variablen mit der „damit“ erzielten Wirkung vorliegen, lässt sich keine Optimierungsfunktion entwickeln, die dem Handeln der WfbM in Bezug auf den Bereich der ABM zugrunde liegen sollte; das Setzen von Zielen orientiert sich daher eher an Leitbildern oder externen Zielvorgaben (bspw. durch Kostenträger oder Verbände).

### *3.3 Wirkungsorientierte Kennzahlen*

Zielsetzung von Förderung und Rehabilitation in WfbM durch individuelle, bedarfsbezogene Förderung der gesamten Persönlichkeit mittels effektiver und effizienter Arbeits-, Bildungs- und Betreuungsangebote ist die Weiterentwicklung der Handlungs- und Sozialkompetenz der Mitarbeiter mit Behinderungen. Unter Wirkungsorientierung wird daher verstanden, dass ein Zusammenhang zwischen Maßnahmen (z.B. Durchführung geeigneter ABM) bzw. Voraussetzungen (z.B. qualifiziertes Fachpersonal) und Ergebnissen (z.B. Weiterbildung der Sozial- und Handlungskompetenz) abgebildet werden kann.

Zur Erfassung der Wirkung werden Fähigkeiten von Mitarbeitern zu bestimmten Zeitpunkten gemessen, um so beispielsweise den Zuwachs, die Bewahrung oder den Verlust von Fähigkeiten im Zeitverlauf abbilden zu können (siehe Abbildung 1). Ziel ist, Hinweise auf die Wirksamkeit der Förderung und Rehabilitation im Beobachtungszeitraum zu erhalten. Um unterschiedliche Ausgangsniveaus von Fähigkeiten auszugleichen, wird als Kennzahl die Differenz der Fähigkeitsausprägungen einer Kohorte zu verschiedenen Zeitpunkten der Werkstattzugehörigkeit erfasst und miteinander verglichen.



**Abbildung 1:** Differenz der Fähigkeitsausprägungen zwischen Ende des Eingangsverfahrens und 1 Jahr nach Eintritt in den Berufsbildungsbereich. Positive Werte bezeichnen Fähigkeitszuwächse (■ = Kennzahlenwert der WfbM mit  $n=36$ ; ● = Durchschnittswert im Benchmarking-Pool mit  $N=514$ ; - / + = kleinster/größter Wert im Datenpool)

## 4. Ergebnisse

Eine empirische Untermauerung eindeutiger Ursache-Wirkungszusammenhänge lässt sich zum jetzigen Zeitpunkt nicht ableiten. Jedoch gibt es deutliche Hinweise, dass bspw. die Pflege vollständiger Förderpläne, die Planung und Durchführung zahlreicher Praktika, ein hoher Fortbildungsaufwand für das Fachpersonal oder die Größe der Angebotspalette in Bezug auf ABM positiv mit den wirkungsorientierten Kennzahlen korrelieren.

Die derzeit am Benchmarking teilnehmenden Einrichtungen erhalten detaillierte Informationen über den status quo in Bezug auf die erbrachte Dienstleistungsqualität, was das Setzen und Überprüfen konkreter Ziele im Bereich der Qualitätsverbesserung erlaubt. Insbesondere die Nachverfolgung wirkungsorientierter Kennzahlen ermöglicht dabei die zeitnahe Berücksichtigung ggf. variierender Bedarfe der jeweiligen Kohorten.

Sowohl die Betrachtung der Kennzahlen einzelner Betriebsstätten einer WfbM als auch der Vergleich mit den anderen WfbM im Benchmarking-Pool, unterstützt durch geeignete Austauschprozesse zwischen den teilnehmenden Einrichtungen, fördern das Lernen von Anderen. Die über mehrere Erhebungszyklen teilnehmenden Einrichtungen zeigen schließlich kontinuierliche Verbesserungen bzgl. der für einfache Kennzahlen erreichten Werte.

## 5. Literatur

1. Blaudszun-Lahm, A. 2005, Benchmarking in WfbM: Lernen vom Besten durch kennzahlenbasierte Rehabilitationsvergleiche, Geistige Behinderung, 44, Nr. 4, 337–338.
2. Bundesarbeitsgemeinschaft Werkstätten für behinderte Menschen - BAG 2009, Menschen in Werkstätten. Im Internet verfügbar unter: <http://www.bagwfbm.de/page/25> (06.01.2010).
3. Bundesministerium für Bildung und Forschung - BMBF 2001, Verordnung über die Prüfung zum anerkannten Abschluss Geprüfte Fachkraft zur Arbeits- und Berufsförderung in Werkstätten für behinderte Menschen vom 25. Juni 2001, Bundesgesetzblatt Jahrgang 2001 Teil I Nr. 29, ausgegeben zu Bonn am 27. Juni 2001, 1239–1242.

# **Beanspruchung, Gesundheit, Lebensqualität und Produktivität der Metall- und Stahlindustrie und des Maschinen- und Anlagenbaus – Basisanalyse und Maßnahmeneffekte**

Roland ERNST, Inge KARAZMAN, Theresia GABRIEL, Ina LUKL,  
Thomas MUHR, Helmut STADLBAUER, Veronika ULRICH,  
Matthias WELKENS und Rudolf KARAZMAN

*IBG – Institut für humanökologische Unternehmensführung,  
Mariahilfer Straße 50/14, A-1070 Wien*

**Kurzfassung:** Ziel dieses Artikels ist die Beschreibung der Zusammenhänge zwischen Beanspruchung auf der einen Seite und Gesundheit, Lebensqualität und Produktivität auf der anderen Seite für Branchenwerte der Stahl- und Metallindustrie sowie Maschinen- und Anlagenbau in Österreich. Damit sollen einerseits internationale Ergebnisse mit diesen beiden Branchen in Österreich vergleichbar gemacht werden und andererseits Branchenvergleiche mit der Papierindustrie und der Chemischen Industrie einen Einblick in Gemeinsamkeiten und Unterschiede ermöglichen. Hierbei wird im Besonderen auf die von den MA geschilderten Belastungen und von ArbeitsmedizinerInnen festgestellten Krankheiten in den beiden Branchen eingegangen. Abschließend geben Veränderungsdaten für subjektive Gesundheitseinschätzungen Aufschluss über Verbesserungsmöglichkeiten durch betriebliche Gesundheitsförderung.

**Schlüsselwörter:** Beanspruchung, Gesundheit, Krankenstände, Produktivität.

## **1. Einleitung**

Die Zusammenhänge zwischen belastenden Arbeitsbedingungen und schlechtem Gesundheitszustand wurden in der Vergangenheit vielfach nachgewiesen (Karasek et al. 1981; Marmot et al. 1991; Schrijvers et al. 1998; Vahtera et al. 1997). Ebenso unterstreichen einige Studien die Zusammenhänge zwischen Arbeitsfähigkeit, Lebensqualität, Gesundheitszustand und sogar Mortalität (Kaplan et al. 1996; Tuomi et al. 1997).

## **2. Methode**

### *2.1 Design*

Die Daten für diese Analyse stammen aus Erhebungen mit dem von Karazman et al. (2004) entwickelten Human Work Index<sup>®</sup> (HWI<sup>®</sup>). Mit diesem Instrument konnten seit 1995 über 50.000 Befragungsdaten gesammelt werden.

Der Human Work Index ist ein MitarbeiterInnen (MA)-Befragungsinstrument, das Arbeitsvermögen in drei Dimensionen auf Basis des humanökologischen Modells der Arbeit misst: Arbeitsbewältigung, Arbeitsinteresse und Zusammenarbeit (Karazman



et al. 2004). Zusätzlich zu den mit diesem Befragungsinstrument erhobenen Daten werden auch Daten von Zusatzmodulen, insbesondere dem SchichtarbeiterInnenmodul und der Belastungsbatterie für Industrie-MitarbeiterInnen, für die Analyse herangezogen. Vertieft werden die Aussagen durch anonymisierte arbeitsmedizinische Daten.

Alle Befragungsdaten wurden im Rahmen von Gesundheits-, Organisationsentwicklungs- oder Personalentwicklungs-Projekten als Basisanalyse oder Evaluation in den genannten Branchen erhoben. Durchschnittliche MA-Beteiligungen bei diesen Projekten liegen bei 76%. Die Zusatzmodule wurden nicht in allen Projekten eingesetzt, daher ist die Anzahl der diesbezüglichen Daten geringer.

Einige Befragungsdaten wurden im Rahmen von arbeitsmedizinischen Untersuchungen erhoben. Diese Daten können mit arbeitsmedizinischen Diagnosen in Zusammenhang gebracht werden.

## 2.2 Fragen

Neben dem HWI<sup>®</sup> als Gesamtindex wurden folgende Fragen aus dem HWI<sup>®</sup> in die Detailanalyse einbezogen:

- körperliche/psychische/soziale Bewältigung (Mittelwert): Wie gelingt es Ihnen derzeit, die körperlichen/psychischen/sozialen Arbeitsanforderungen zu bewältigen? (fünfstufig, sehr gut – sehr schlecht).
- Gesundheitliche Belastung: Fühlen Sie sich an Ihrem Arbeitsplatz gesundheitlichen Belastungen ausgesetzt? (fünfstufig, gar nicht – sehr stark).
- Gesundheit (Mittelwert (MW); Prozentwert pos. Antworten): Wie gesund fühlen Sie sich alles in allem? (fünfstufig, sehr gesund – gar nicht gesund).
- Krankenstände (MW; Prozentwert Antworten < 10 Tage): Wie viele ganze Tage blieben Sie in den letzten 12 Monaten auf Grund eines gesundheitlichen Problems der Arbeit fern? (fünfstufig, keinen Tag – 100-365 Tage).
- Lebensqualität: Wie zufrieden sind Sie mit Ihrer derzeitigen Lebensqualität? (fünfstufig, sehr zufrieden – sehr unzufrieden).
- Produktivität (MW; Prozentwert der Antworten 8-10 Arbeitsbewältigung und keine Beeinträchtigung): Wenn Sie Ihre beste, je erreichte Arbeitsbewältigung mit 10 Punkten bewerten. Mit wie vielen Punkten würden Sie dann Ihre derzeitige Arbeitsbewältigung bewerten? (elfstufig, beste Arbeitsbewältigung – arbeitsunfähig), Beeinträchtigt Sie derzeit eine Erkrankung oder Verletzung bei der Ausübung Ihrer Arbeit? (sechsstufig, keine Beeinträchtigung – völlig arbeitsunfähig).
- Stress: Haben Sie sich in letzter Zeit gestresst gefühlt? (fünfstufig, gar nicht gesetzt – sehr gestresst).
- Stimmungslage (MW): Waren Sie in letzter Zeit zuversichtlich, was die Zukunft betrifft? (fünfstufig, meistens – nie), Waren Sie in letzter Zeit aktiv und rege? (fünfstufig, meistens – nie), Haben Sie in letzter Zeit Ihre täglichen Aufgaben mit Freude erledigt? (fünfstufig, meistens – nie).

Die verwendeten Fragen der Zusatzmodule und medizinischen Angaben werden direkt in den Ergebnisdarstellungen angegeben.

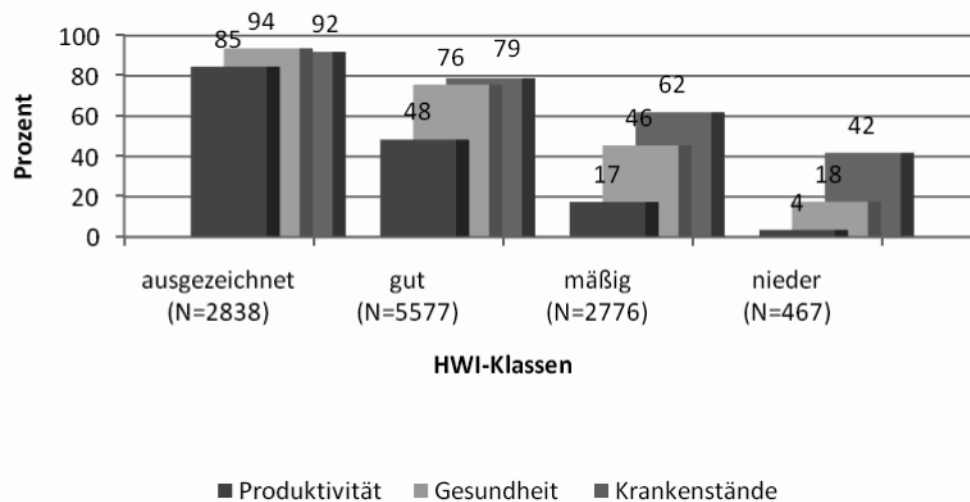
Die Auswertungen von Häufigkeiten, Prozentwerten, Mittelwerten, lineare Regressionen und Pearson-Korrelationen erfolgten mit SPSS 15.0.



### 3. Ergebnisse

#### 3.1 Zusammenhang des HWI® in vier Klassen mit Gesundheit, Krankenständen und Produktivität

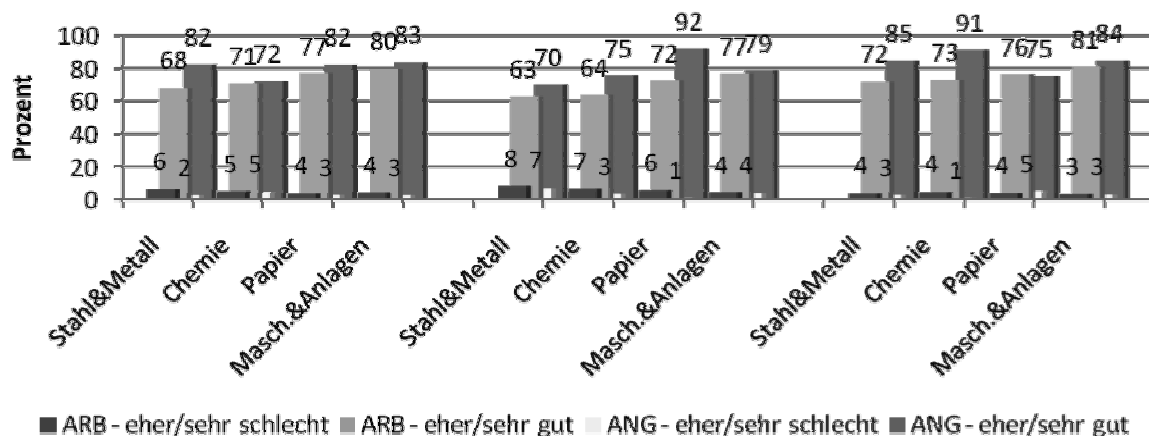
Abbildung 1 zeigt hohe Produktivitäts- und Gesundheitswerte sowie geringe Krankenstandsrate für die ausgezeichnete HWI®-Klasse sowie eine deutliche Abnahme der Werte für weniger gute HWI®-Klassen für alle MA der vier Branchen.



**Abbildung 1:** Prozentwerte für (sehr) gute Produktivität, (sehr) gute Gesundheit und weniger als 10 Krankenstandstage im Zusammenhang mit den HWI®-Klassen

#### 3.2 Belastungen von ArbeiterInnen und Angestellten in den vier Branchen

Abbildung 2 zeigt, dass die ArbeiterInnen der Stahl- und Metallindustrie die körperlichen, psychischen und sozialen Anforderungen am schlechtesten bewältigen können, gefolgt von den MA der Chemischen Industrie, Papierindustrie und schließlich des Maschinen- und Anlagenbaus. Die Bewältigungen der Anforderungen bei den Angestellten entsprechen nicht dieser Reihenfolge. Aufgrund der unterschiedlichen Bewältigungsmöglichkeiten und des Schwerpunktes ArbeiterInnen in diesen Branchen wird in der Folge ein Fokus auf die ArbeiterInnen der Branchen gelegt.



**Abbildung 2:** Prozentwerte für die Bewältigung körperlicher, psychischer und sozialer Anforderungen für ArbeiterInnen und Angestellte der vier Branchen

### 3.3 Zusammenhänge Gesundheit und Belastungen für ArbeiterInnen

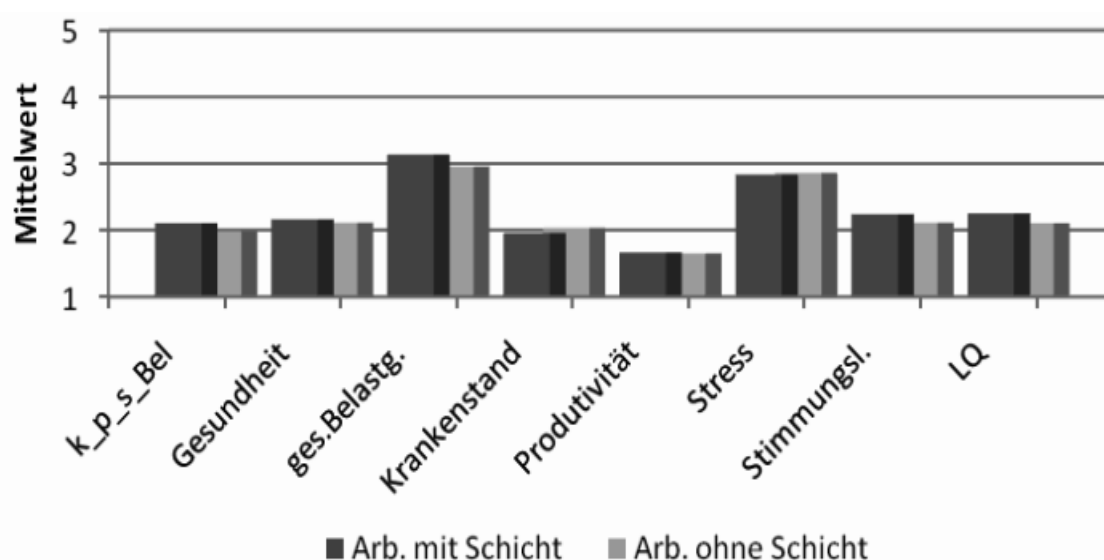
Tabelle 1 zeigt, dass die Produktivität am besten durch die Bewältigung körperlicher/psychischer/sozialer Anforderungen erklärt wird, gefolgt von der subjektiven Gesundheitseinschätzung. Die Bewältigung der psychischen Anforderungen hängt mit der Stimmungslage und Stress zusammen. Typische belastende Arbeitsbedingungen und arbeitsmedizinische Angaben zu gesundheitlichen Beschwerden können ebenfalls mit den HWI®-Befragungsdaten in Zusammenhang gebracht werden.

**Tabelle 1:** Lineare Regressionen der Bewältigung körperlicher/psychischer/sozialer Anforderungen mit Gesundheits-, Produktivitäts- und Lebensqualitätsvariablen sowie der Bewältigung psychischer Belastungen mit Stimmungslage und Stress für ArbeiterInnen der Branchen (es bedeuten: lin. Regression (\* $p < 0,05$ ; \*\* $p < 0,01$ ; \*\*\* $p < 0,001$ )

unabhängige Var.	abhängige Variable	F (df)	Beta	Adj. R2
k/p/s Bewältigung	ges. Belastung	2139,23*** (1, 12647)	0,38***	0,15
k/p/s Bewältigung	subj. Gesundheit	5375,12*** (1, 11982)	0,56***	0,31
k/p/s Bewältigung	Krankenstände	732,331*** (1, 11800)	0,24***	0,06
k/p/s Bewältigung	Produktivität	5394,51*** (1, 11625)	0,56***	0,32
k/p/s Bewältigung	Lebensqualität	3574,81*** (1, 11545)	0,49***	0,24
psych. Bewältigung	Stimmungslage	4356,48*** (1, 11760)	0,52***	0,27
psych. Bewältigung	Stress	3775,88*** (1, 11873)	0,49***	0,24

### 3.4 Auswirkungen der Schichtarbeit

Abbildung 3 zeigt die Mehrbelastung von SchichtarbeiterInnen bei der Bewältigung körperlicher/psychischer/sozialer Anforderungen sowie bei subjektiver Gesundheit, gesundheitlichen Belastungen, Stimmungslage und Lebensqualität.

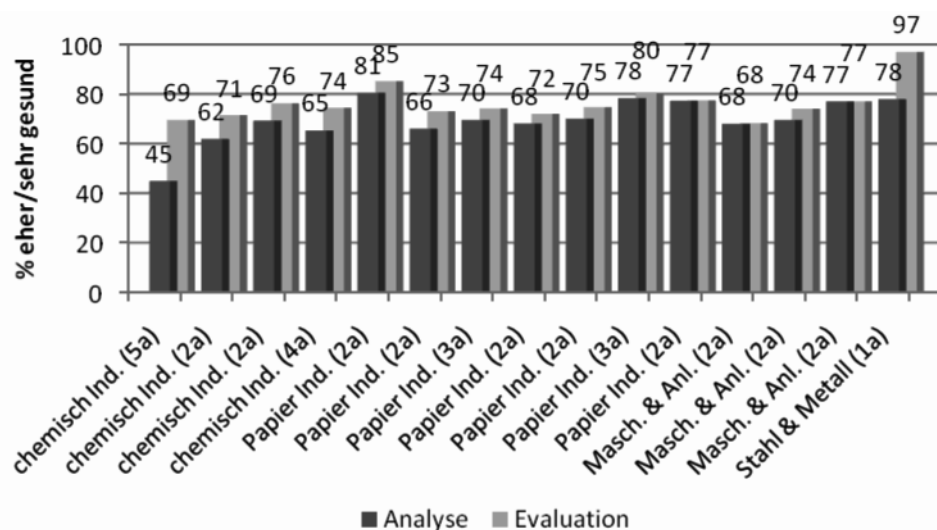


**Abbildung 3:** Unterschiede in den mittleren Bewertungen der oben genannten Parameter für MA mit und ohne Schichtarbeit

### 3.5 Gesundheit: Veränderungsmöglichkeit und Maßnahmeneffekte

Abbildung 4 zeigt die Verbesserungen in den Gesundheitseinstufungen zwischen

Basis-Erhebungen und Evaluationen. Die größte Verbesserung mit 24% wurde in einem 5 Jahres-Projekt in der Chemischen Industrie erzielt.



**Abbildung 4:** Veränderungen in den subjektiven Gesundheitseinstufungen zwischen Basis-Analysen und Evaluationen für einzelne Unternehmen der vier Branchen

## 4. Diskussion

Der Artikel zeigt den Zusammenhang des Befragungsinstrumentes HWI<sup>®</sup> mit Produktivität, Gesundheit und Krankenstandsrate auf. Die geringste Bewältigung der körperlichen/psychischen/sozialen Anforderungen zeigen dabei die ArbeiterInnen der Stahl- und Metallindustrie, gefolgt von Chemischer und Papier-Industrie sowie Maschinen- und Anlagenbau. Die größten Zusammenhänge mit der Bewältigung dieser Anforderungen zeigten sich in den genannten Branchen mit Produktivität und Gesundheit. Abschließend wurden die Zusatzbelastungen der SchichtarbeiterInnen und Verbesserungsmöglichkeiten in der subjektiven Gesundheit quantifiziert.

## 5. Literatur

1. Karasek R., Baker, D., Marxer, F., Ahlbom, A. & Theorell, T. 1981, Job decision latitude, job demands, and cardiovascular disease: a prospective study of Swedish men, *American Journal of Public Health*, 71, 694-705.
2. Marmot, M., Davey Smith, G., Stansfeld, S., Patel, C., North, F. & Head, J. 1991, Health inequalities among British civil servants: The Whitehall II Study, *Lancet*, 337, 1387-93.
3. Schrijvers, C., van de Mheen, D., Stronks, K. & Mackenbach, J. 1998 Socioeconomic inequalities in health in the working population: the contribution of working conditions, *International Journal of Epidemiology*, 27, 1011-8.
4. Vahtera, J., Kivimäki, M. & Pentti, J. 1997, Effect of organisational downsizing on health of employees. *Lancet*, 350, 1124-8.
5. Kaplan, G., Goldberg, D., Everson, S., Cohen, R., Salonen, R. & Tuomilehto, J. 1996, Perceived health status and morbidity and mortality: evidence from the Kuopio ischaemic heart disease risk factor study, *International Journal of Epidemiology*, 25, 259-265.
6. Tuomi, K., Ilmarinen, J., Seitsamo, J., Huuhtanen, P., Martikainen, R., Nygard, C.-H. & Klockars, M. 1997, Summary of the Finnish Research Project (1981-1992) to promote the health and work ability of aging workers, *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, 23 (Suppl. 1), 66-71.

7. Karazman, R. 2004, Gesundheitspotentiale im Arbeitsleben - Wege zu nachhaltigem Personaleinsatz. In: Personalmanagement 2004.
8. Karazman, R., Kloimüller, I. & Karazman-Morawetz, I. 2004, Form Work Ability Index to Human Work Index. Im Internet verfügbar unter:  
[http://services.ibg.co.at/gp/ibg\\_austropapier/HWI\\_Artikel.pdf](http://services.ibg.co.at/gp/ibg_austropapier/HWI_Artikel.pdf) (22.01.2010).

## Belastungs- und Beanspruchungsgeschehen unter Migrationsaspekten

Claudia OLDENBURG

*Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin,  
Friedrich-Henkel-Weg 1-25, D-44149 Dortmund*

**Kurzfassung:** Mittels einer Auswertung von BIBB/BAuA-Daten wird untersucht, ob sich die Arbeitsbedingungen und Ressourcen türkischer Beschäftigter von denen deutscher Beschäftigter und anderer Migranten unterscheiden und welchen Einfluss dies auf die Gesundheit hat. Es zeigt sich, dass die türkischen Beschäftigten gegenüber den Vergleichsgruppen häufiger unter belastenden Arbeitsbedingungen arbeiten, sie diese häufiger als beanspruchend empfinden und sie über geringere Ressourcen verfügen. Diese Faktoren spiegeln sich in den gesundheitlichen Beschwerden wider.

**Schlüsselwörter:** Belastungs- und Beanspruchungsgeschehen, Ressourcen, Gesundheit, Migration.

### 1. Einleitung

Migration bestimmt zunehmend die deutsche Arbeitslandschaft, dennoch wurden bisher kaum Konzepte entwickelt, die es erlauben, ermöglichen oder gar fördern, arbeitsorganisatorische Konzepte (z.B. Führung) an die Zusammensetzung der Belegschaft anzupassen und aus der Diversität der Belegschaften einen nachhaltigen Nutzen zu ziehen. Dies scheint aber nicht nur wünschenswert, sondern auch notwendig vor dem Hintergrund, dass Mitarbeiter mit Migrationshintergrund anderen Belastungen und Beanspruchungen ausgesetzt sind als Mitarbeiter ohne Migrationserfahrung. Gleichzeitig stehen diesen aber in der Regel auch nur verringerte Ressourcen zur Verfügung. Dementsprechend berichten Beschäftigte mit Migrationshintergrund häufiger über gesundheitliche Beschwerden. Dies zeigen die Auswertungsergebnisse einer repräsentativen Erwerbstätigenbefragung (BiBB / BAuA-Erwerbstätigenbefragung 2005 / 2006, BAuA 2008, Oldenburg et al. 2010).

Türkische Zuwanderer stellen mit 25,4% die größte Gruppe der Migranten (Statistisches Bundesamt 2009). Hinsichtlich der Integration in Gesellschaft und Arbeitsmarkt wurden jedoch vielfach markante Unterschiede im Vergleich zu Migranten mit anderen Staatsangehörigkeiten ausgemacht (Woellert et al. 2009). In ihrer Studie „Migration und Gesundheit“ weisen Razum et al. (2008) mehrfach auf erhebliche Unterschiede hin: Türken haben das geringste monatliche Haushaltsäquivalenzeinkommen, die größte Personenanzahl pro Haushalt, die kleinste zur Verfügung stehende Wohnfläche pro Person und sind mit den Zuwanderern aus dem ehemaligen Jugoslawien am stärksten und längsten von Armut betroffen. Außerdem bestehen für sie ein erhöhtes Arbeitsunfallrisiko, überproportional häufige berufsbedingte Krankheiten und ein doppelt so hoher Anteil an anerkannten Berufskrankheiten.

Ziel dieses Beitrages ist es, zu untersuchen, ob diese Unterschiede ebenfalls bei den Arbeitsbedingungen und –belastungen vorzufinden sind und ob geringere Ressourcen zu häufigeren und schwereren gesundheitlichen Beschwerden bei türkischen Beschäftigten beitragen.

## 2. Methode

Ausgewertet wurden Daten der BIBB / BAuA-Erwerbstätigenbefragung (Beermann et al. 2007), einer repräsentativen Befragung von 20.000 Erwerbstätigen in Deutschland, anhand derer Informationen zur Arbeitssituation und den Arbeitsbelastungen gesammelt und ausgewertet werden. Neben der Erfassung der Häufigkeit eines Belastungsfaktors wurde auch erhoben, ob dieser von der befragten Person auch als „belastend“ (im Folgenden „Beanspruchung“) bewertet wird. Es wurden nur Personen befragt, deren Deutschkenntnisse ausreichend waren. Vor allem Migranten mit geringem Bildungsstand und geringen/keinen deutschen Sprachkenntnissen sind daher unterrepräsentiert.

Die Vergleichbarkeit von Migrantengruppen ist aufgrund unterschiedlicher Faktoren, die außerhalb der Arbeitswelt liegen (Aufenthaltsstatus und weitere rechtliche Beschränkungen, Ausbildung, Zugang zu Netzwerken, kulturelle Prägung usw.), nur bedingt gegeben. Diese üben auch einen starken Einfluss auf die Berufswahl und damit auf die Arbeitsbedingungen und die Gesundheit aus. Um diese Vergleichbarkeit herzustellen, werden türkische Staatsangehörige mit Deutschen ohne Migrationshintergrund, aber auch mit Migranten der EU-27-Staaten und mit Migranten aus nicht EU-Mitgliedstaaten verglichen. Die Zusammensetzung der Vergleichsgruppen gleicht in ihrer Homogenität nicht der Gruppe der türkischen Beschäftigten. Die Stichprobe setzt sich wie folgt zusammen:

**Tabelle 1:** Zusammensetzung der Stichprobe

	Deutsch	EU-27	Türkisch	andere
männlich	9.797	423	261	323
weiblich	7.706	414	89	224
gesamt	17.503	837	350	547

## 3. Arbeitsbedingungen: Belastung und Beanspruchung

Bei Betrachtung der physischen Arbeitsbedingungen und der Arbeitsumgebung ist auffällig, dass die Beschäftigten mit türkischer Staatsangehörigkeit wesentlich öfter als die Vergleichsgruppen angeben, unter körperlich belastenden Bedingungen zu arbeiten, auch als 3D-Jobs (dirty, dangerous, difficult) (Drever & Hoffmeister 2008) bezeichnet. Allein die Kategorie „Arbeiten im Sitzen“ wird seltener von türkischen Beschäftigten genannt als in den Vergleichsgruppen (siehe Tabelle 2). Hinsichtlich der psychischen Arbeitsbedingungen ist auffällig, dass die türkischen Beschäftigten häufiger Kriterien nennen, die auf taktgebundene Tätigkeiten hinweisen (siehe Tabelle 2, fett). Demgegenüber geben türkische Beschäftigte im Vergleich zu den Vergleichsgruppen seltener an, in Tätigkeiten, die einen hohen Grad an Verantwortung oder hohen koordinativen Aufwand beinhalten, zu arbeiten (siehe Tabelle 2, kursiv).

Besonders bemerkenswert ist hierbei, erstens, dass diese Unterschiede nicht nur im Vergleich zwischen Deutschen / EU-Ausländern und türkischen Beschäftigten bestehen, sondern ebenso im Vergleich mit Ausländern, die keine EU-27-Staatsangehörigkeit besitzen und zweitens, dass die Unterschiede teilweise wesentlich höher sind als die Abstände zwischen den anderen Gruppen.



**Tabelle 2:** Belastung und Beanspruchung durch Arbeitsbedingungen, Ressourcen (Auszug);  
taktgebunden = fett, Verantwortung / koordinativ = kursiv

		Deutsch	EU-27	Türkisch	andere
<b>Arbeitsbedingungen</b>					
Arbeiten im Stehen	Belastung häufig	55,6%	58,7%	72,9%	60,8%
	Beanspruchung dadurch	23,7%	34,8%	50,5%	34,5%
Arbeiten im Sitzen	Belastung häufig	54,5%	51,9%	37,4%	44,8%
	Beanspruchung dadurch	19,0%	15,0%	39,0%	27,2%
Heben und tragen Lasten	Belastung häufig	22,7%	18,8%	31,4%	26,1%
	Beanspruchung dadurch	50,0%	55,9%	70,5%	67,1%
Arbeiten bei Rauch, Staub oder unter Gasen, Dämpfen	Belastung häufig	13,2%	15,7%	23,20%	21,8%
	Beanspruchung dadurch	54,8%	63,0%	81,8%	68,1%
Arbeiten unter Kälte, Hitze, Nässe, Feuchtigkeit, Zugluft	Belastung häufig	21,0%	19,3%	32,7%	23,2%
	Beanspruchung dadurch	50,9%	60,5%	87,0%	52,3%
Arbeiten mit Öl, Fett, Schmutz, Dreck	Belastung häufig	17,0%	18,1%	31,4%	20,4%
	Beanspruchung dadurch	28,3%	48,1%	71,9%	41,5%
Arbeiten in Zwangshaltungen	Belastung häufig	13,6%	19,4%	25,8%	16,8%
	Beanspruchung dadurch	48,9%	56,9%	75,9%	50,1%
Termin-/Leistungsdruck	Belastung häufig	54,3%	50,2%	49,8%	50,2%
	Beanspruchung dadurch	59,1%	59,0%	65,5%	61,3%
<b>Arbeitsdurchführung bis ins Einzelne vorgeschrieben</b>	<b>Belastung häufig</b>	<b>22,2%</b>	<b>26,1%</b>	<b>38,5%</b>	<b>26,9%</b>
	<b>Beanspruchung dadurch</b>	<b>29,4%</b>	<b>23,2%</b>	<b>40,0%</b>	<b>31,7%</b>
<b>Arbeitsgang wiederholt sich bis in alle Einzelheiten</b>	<b>Belastung häufig</b>	<b>51,1%</b>	<b>51,2%</b>	<b>56,6%</b>	<b>56,4%</b>
	<b>Beanspruchung dadurch</b>	<b>13,2%</b>	<b>15,5%</b>	<b>32,3%</b>	<b>28,5%</b>
<i>neue Aufgaben</i>	<i>Belastung häufig</i>	<i>39,8%</i>	<i>37,2%</i>	<i>27,9%</i>	<i>34,7%</i>
	<i>Beanspruchung dadurch</i>	<i>15,3%</i>	<i>22,2%</i>	<i>44,1%</i>	<i>11,9%</i>
<i>Verbessern bisheriger Verfahren, Neues ausprobieren</i>	<i>Belastung häufig</i>	<i>27,7%</i>	<i>32,1%</i>	<i>20,1%</i>	<i>27,4%</i>
	<i>Beanspruchung dadurch</i>	-	-	-	-
bei der Arbeit gestört/unterbrochen	Belastung häufig	47,1%	44,1%	32,3%	37,8%
	Beanspruchung dadurch	59,5%	66,0%	68,9%	60,1%
<b>genaue Stückzahl, eine bestimmte Mindestleistung, Zeitvorgaben</b>	<b>Belastung häufig</b>	<b>30,4%</b>	<b>30,4%</b>	<b>44,9%</b>	<b>38,1%</b>
	<b>Beanspruchung dadurch</b>	<b>44,1%</b>	<b>48,3%</b>	<b>56,6%</b>	<b>50,7%</b>
<i>verschiedenartige Arbeiten / Vorgänge gleichzeitig</i>	<i>Belastung häufig</i>	<i>59,5%</i>	<i>57,6%</i>	<i>44,8%</i>	<i>54,1%</i>
	<i>Beanspruchung dadurch</i>	<i>25,6%</i>	<i>37,6%</i>	<i>41,8%</i>	<i>29,1%</i>
Arbeiten bis a.d. Grenze d. Leistungsfähigkeit	Belastung häufig	16,6%	21,9%	26,5%	17,9%
	Beanspruchung dadurch	68,7%	73,9%	72,3%	67,9%
<b>sehr schnell arbeiten</b>	<b>Belastung häufig</b>	<b>43,2%</b>	<b>50,6%</b>	<b>45,5%</b>	<b>49,2%</b>
	<b>Beanspruchung dadurch</b>	<b>41,0%</b>	<b>42,6%</b>	<b>58,7%</b>	<b>52,1%</b>
Teil einer Gemeinschaft	selten oder nie	8,9%	12,3%	26,5%	17,5%
gute Zusammenarbeit mit Kollegen	selten oder nie	2,0%	6,0%	7,3%	3,2%
Hilfe/Unterstützung von Kollegen	selten oder nie	6,0%	7,6%	9,8%	4,5%
Hilfe/Unterstützung v. direktem Vorgesetzten	selten oder nie	18,4%	20,0%	24,3%	13,2%
nicht rechtzeitig informiert	häufig	13,4%	13,4%	20,4%	10,7%
nicht alle notwendigen Informationen	häufig	8,1%	9,8%	8,8%	9,9%
eigene Arbeit selbst planen und einteilen	selten oder nie	13,7%	17,7%	24,2%	18,9%
Einfluss auf die Arbeitsmenge	selten oder nie	42,2%	37,1%	45,2%	40,4%
eigene Entscheidung, wann Pause	selten oder nie	29,4%	30,8%	45,5%	31,8%

Diese Tendenz setzt sich darüber hinaus auch bei Betrachtung der jeweiligen Beanspruchung fort: Bis auf „Arbeiten bei Lärm“ und „Arbeiten bis an die Grenze der Leistungsfähigkeit“ berichten türkische Beschäftigte durchgehend die höchsten Beanspruchungen für die betrachteten physischen und psychischen Arbeitsbedingungen, wobei die Unterschiede bis zu 40 Prozentpunkte betragen (28,3% der Deutschen und 71,9% der Türken, die mit Öl / Fett / Schmutz / Dreck arbeiten, fühlen sich dadurch beansprucht).

Zusammenfassend lässt sich also feststellen, dass die türkischen Beschäftigten am häufigsten von physisch und psychisch belastenden taktgebundenen Arbeitsbedingungen berichten, unter diesen auch die höchsten Beanspruchungswerte haben. Auch bei den psychisch belastenden Arbeitsbedingungen, unter denen die türkischen Beschäftigten seltener als die anderen drei Vergleichsgruppen arbeiten, ist der Anteil, der sich beansprucht fühlt, höher als in den Vergleichsgruppen.

#### **4. Ressourcen**

Soziale Ressourcen wie die Unterstützung durch Kollegen und den Vorgesetzten und organisationale Ressourcen wie die Möglichkeit, sich die Arbeit selbst einteilen zu können und über die eigene Pause entscheiden zu können, sind Stress mindern- und gesundheitsfördernde Faktoren. Diese können dazu beitragen, eine bestehende Belastung zu reduzieren, um das Beanspruchungsempfinden wesentlich zu verringern (Fuchs 2006).

Bei der Betrachtung der sozialen Ressourcen fällt auch hier auf, dass türkische Mitarbeiter häufiger angeben, sich selten oder nie als Teil einer Gemeinschaft zu fühlen und selten oder nie Unterstützung von ihrem direkten Vorgesetzten zu erhalten. Gleiches gilt für die Unterstützung durch Kollegen und die Zusammenarbeit mit Kollegen, jedoch hier auf einem wesentlich niedrigerem Niveau (siehe Tabelle 2).

Die Einschränkung der zur Verfügung stehenden organisationalen Ressourcen, von denen wiederum türkische Beschäftigte am häufigsten berichten, spiegelt die Art der Tätigkeit und der Arbeitsbedingungen wider. Da sie häufig in taktgebundenen Arbeitsabläufen arbeiten, haben sie auch den geringsten Einfluss auf die Pauseneinteilung und Arbeitsmenge und können am seltensten ihre Arbeit selbst planen. Das Bild wird ergänzt durch fehlende Informationen: Ein Fünftel der türkischen Beschäftigten werden nicht rechtzeitig über Entscheidungen bzw. Veränderungen informiert, im Vergleich zu 10-13 Prozent in den Vergleichsgruppen.

#### **5. Gesundheit**

Die höhere Belastung aufgrund der Arbeitsbedingungen verbunden mit dem höheren Beanspruchungsempfinden und vermindertem Zugang zu Ressourcen zeigen ihre Auswirkungen sehr deutlich bei einem Vergleich der gesundheitlichen Beschwerden, also den Beanspruchungsfolgen. Hier berichten die türkischen Beschäftigten bei allen Symptomgruppen am häufigsten Beschwerden, bis auf „Nervosität und Reizbarkeit“ und „Niedergeschlagenheit“. Dabei sind die Unterschiede zwischen den Häufigkeiten teils sehr groß (z.B. mehrmals bis zu 20 Prozentpunkte).

Zusätzlich wurde abgefragt, ob die zuvor genannten Beschwerden auch durch einen Arzt behandelt werden unter der Annahme, dass dies Aussagen über den Schweregrad der Symptomatik zulässt. Hier lassen sich keinerlei Regelmäßigkeiten

feststellen.

## 6. Diskussion und Fazit

Türkische Beschäftigte sind im Vergleich zu deutschen Beschäftigten, aber auch Beschäftigten mit Migrationshintergrund häufiger physisch und psychisch belastenden Arbeitsbedingungen ausgesetzt bei gleichzeitig höherem Beanspruchungsempfinden. Die Segregation des Arbeitsmarktes wird in den Belastungsprofilen, die sich durch die Arbeitsplatzcharakteristika ergeben, widerspiegelt. Zusammen mit der Einschränkung der sozialen und organisationalen Ressourcen resultiert dies in häufiger berichteten gesundheitlichen Beschwerden.

Neben den Merkmalen des Arbeitsplatzes kann dieses beeinflusst sein über

- Unterschiede innerhalb der gleichen Arbeitsbedingung,
- kulturelle Unterschiede der Wahrnehmung („Klagsamkeit“),
- einer/m unterschiedlichen Verfügbarkeit und Zugang zu Ressourcen i.w.S. (Bildung, Einkommen, soziale Netzwerke, Gesundheitsprophylaxe, Lebens- und Wohnsituation etc.) und
- kumulierenden Effekten mit Bedingungen, die außerhalb der Arbeit liegen (zusätzliche Belastung durch die Migration / Trennung von der Familie, Traumata, Doppelbelastungen).

Um fundierte und vor allem differenzierte Handlungsempfehlungen abzuleiten, ist es notwendig, weitergehende Betrachtungen durchzuführen, die Geschlechts- und Alterseffekte einbeziehen und Unterschiede zwischen Migranten der ersten, zweiten und dritten Generation herausarbeiten.

## 7. Literatur

1. Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin - BAuA (Hrsg.) 2008, Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit 2007. Unfallverhütungsbericht Arbeit. Dortmund: BAUA, S. 30-34.
2. Beermann, B., Brenscheidt, F. & Siefer, A. 2007, Arbeitsbedingungen in Deutschland – Belastungen, Anforderungen und Gesundheit. In: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (Hrsg.), Gesundheitsschutz in Zahlen 2005. Dortmund: BAuA, S. 28-46. Im Internet verfügbar unter: [http://www.baua.de/nr\\_56340/de/Informationen-fuer-die-Praxis/Statistiken/Arbeitsbedingungen/pdf/GIZ2005-Arbeitsbedingungen.pdf](http://www.baua.de/nr_56340/de/Informationen-fuer-die-Praxis/Statistiken/Arbeitsbedingungen/pdf/GIZ2005-Arbeitsbedingungen.pdf) (10.11.2009).
3. Drever, A.I. & Hoffmeister, O. 2008, Immigrants and Social Networks in a Job-Scarce Environment: The Case of Germany, International Migration Review, IMR 42, 425–448.
4. Fuchs, T. 2006, Was ist gute Arbeit? Anforderungen aus der Sicht von Erwerbstätigen. Konzeption und Auswertung einer repräsentativen Untersuchung. 2. Auflage. Dortmund: INQA.
5. Razum, O., Zeeb, H., Meesmann, U., Schenk, L., Bredehorst, M., Brzoska, P., Dercks, T., Glodny, S., Menkhaus, B., Salman, R., Saß, A.-C. & Ulrich, R. 2008, Migration und Gesundheit. Schwerpunktbericht der Gesundheitsberichterstattung des Bundes. Berlin: Robert-Koch-Institut.
6. Statistisches Bundesamt (Hrsg.) 2007, Bevölkerung und Erwerbstätigkeit. Bevölkerung mit Migrationshintergrund – Ergebnisse des Mikrozensus 2005. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.
7. Woellert, F., Kröhnert, S., Sippel, L. & Klingholz, R. 2009, Ungenutzte Potenziale. Zur Lage der Integration in Deutschland. Berlin: Berlin-Institut für Bevölkerung und Entwicklung. Im Internet verfügbar unter: [http://www.berlin-institut.org/fileadmin/user\\_upload/Zuwanderung/Integration\\_RZ\\_online.pdf](http://www.berlin-institut.org/fileadmin/user_upload/Zuwanderung/Integration_RZ_online.pdf) (08.01.2010).



## Kultureller Einfluss auf das Erlernen sensumotorischer Fertigkeiten

Tim JESKE, Marcel Ph. MAYER, Barbara ODENTHAL,  
Katharina HASENAU und Christopher M. SCHLICK

*Institut für Arbeitswissenschaft (IAW), RWTH Aachen University,  
Bergdriesch 27, D-52062 Aachen*

**Kurzfassung:** Manuelle Tätigkeiten in Fertigung und Montage erfordern zumeist sowohl sensorische als auch motorische Fertigkeiten und werden daher als sensumotorisch bezeichnet. Da Fertigkeiten erlernt und durch Übung verbessert werden können bzw. müssen, wird bei der erstmaligen Ausführung einer sensumotorischen Tätigkeit eine geringere Leistung erbracht, als nach mehrfacher Wiederholung. Der Zeitraum übungsbedingter Leistungszunahme bis zum Erreichen einer vordefinierten Bezugsleistung wird als Anlernzeit bezeichnet. Diese wird am Institut für Arbeitswissenschaft der RWTH Aachen University untersucht. Ziel ist, Arbeitsplaner sowie Personaldisponenten in ihrer täglichen Arbeit mit einer Methode zur Prognose der Anlernzeit zu unterstützen. Dazu wurden u. a. kulturelle Einflüsse untersucht. Diese sind im vorliegenden Beitrag an Hand einer empirischen Untersuchung der Leistungszunahme von Arbeitspersonen aus dem europäischen und dem asiatischen Kulturraum dargestellt.

**Schlüsselwörter:** Anlernen, Anlernzeit, Kognition, Kultur.

### 1. Einleitung

Werden neue Fertigungs- und Montagebereiche in Betrieb genommen oder bestehende Bereiche umstrukturiert, so geht dies mit personellen Neu- oder Umbesetzungen einher. Dies bedeutet, dass Arbeitspersonen oftmals mit einer ihnen unbekannten Arbeitsaufgabe betraut werden, die in derartigen Bereichen zumeist sowohl motorische als auch sensorische Fertigkeiten erfordert und daher als sensumotorisch bezeichnet wird. Entsprechend müssen die zur Erbringung der Tätigkeit notwendigen Fertigkeiten zunächst erlernt und geübt werden. In der Folge können diese Arbeitspersonen ihre Tätigkeit nicht sofort ausreichend produktiv ausführen (Rohmert et al. 1974). Dabei bedeutet produktive Arbeitsausführung das Erreichen einer Bezugsleistung, die häufig in Form einer Vorgabezeit definiert wird. Eine Bestimmung derartiger Vorgabezeiten kann mit Hilfe von Systemen vorbestimmter Zeiten (SvZ), wie Methods-Time Measurement (MTM) oder Work Factor (WF) erfolgen. Eine Aussage über die zu erwartende Anlernzeit – die Zeitdauer, die eine Arbeitsperson benötigt, um die jeweilige Arbeitsaufgabe bzw. die dazu benötigten Fertigkeiten ausreichend zu üben und schließlich die ermittelte Vorgabezeit zu erreichen – kann jedoch bisher weder mit SvZ, noch mit anderen Verfahren allgemeingültig getroffen werden (Bokrantz & Landau 2006). Mit starken Unsicherheiten behaftete Zeitplanungen im Bereich von Produktion und Montage, die sich beispielweise in geringer Termintreue beim jeweiligen internen oder externen Kunden widerspiegeln können, sind daher die Folge.

## 2. Zielsetzung und bisherige Arbeiten

Mit dem Ziel Arbeitsplaner und Personaldisponenten in ihrer täglichen Arbeit zu unterstützen, entwickelt das Institut für Arbeitswissenschaft der RWTH Aachen University eine Methode zur Prognose der Anlernzeit einfacher manueller Tätigkeiten (Jeske et al. 2009). Die Entwicklung der Methode erfolgt als Bestandteil des vom BMBF geförderten Forschungsprojekts FlexPro (Förderkennzeichen: 01FH09019). Das Projekt beinhaltet die Weiterentwicklung flexibler Produktionssysteme. Diese sollen es in Abhängigkeit des Auftragsbestands erlauben, Fertigungsprinzipien beispielsweise von Inselfertigung oder One-Piece-Flow zur Serienfertigung hin zu verändern, was mit den geschilderten Neu- und Umbesetzungen einhergeht.

In vorangegangenen Untersuchungen konnten bereits mehrere Einflussgrößen der Anlernzeit identifiziert werden. Diese lassen sich zwei wesentlichen Bereichen zuordnen: Einerseits Einflussgrößen, die charakteristisch für die Arbeitsaufgabe sind, wie beispielsweise die Zykluszeit einer einmaligen Ausführung der Arbeitsaufgabe oder die Dauer eines solchen Zyklus, bestimmt mit SvZ. Andererseits Einflussgrößen, die die Art und Weise der Anlernung beschreiben. Zu diesen zählen u. a. die Methode der Arbeitsunterweisung sowie Art und Umfang ergänzender Schulungsmaßnahmen (Jeske et al. 2009).

Nachfolgend wird auf den Einfluss der individuellen Charakteristika der jeweiligen Arbeitsperson auf die Anlernzeit eingegangen. Dazu wird zunächst untersucht, ob die kulturelle Herkunft einen Einfluss auf die Anlernzeit hat. So soll sichergestellt werden, dass das zu entwickelnde Verfahren eine Prognose der Anlernzeit für Arbeitspersonen mit beliebigem kulturellem Hintergrund ermöglicht und somit international einsetzbar ist.

## 3. Methodik

Die Untersuchung des kulturellen Einflusses auf die Anlernzeit erfolgte mit Hilfe empirischer Versuchsreihen, die gemeinsam mit dem von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) geförderten Exzellenzcluster Integrative Produktionstechnik für Hochlohnländer entstanden sind. Anlass zur Durchführung der Versuchsreihen von Seiten des Exzellenzclusters war die Ermittlung kultureller Einflüsse auf die Aufbaustrategie einfacher geometrischer Objekte im Hinblick auf eine allgemeingültige Umsetzung selbiger in einer Regelbasis einer kognitiv automatisierten Montagezelle (Mayer et al. 2009). Die Untersuchung erforderte von den Probanden eine wiederholte Ausführung einer sensumotorischen Montagetätigkeit. Dabei handelte es sich um das Aufbauen einer genau definierten Pyramide aus einer vorgegeben Anzahl identischer und grundsätzlich beliebig kombinierbarer Bausteine ohne Vorgabezeit oder zeitliche Restriktion.

Insgesamt nahmen 48 Probanden an der Studie teil. Von diesen stammen jeweils 24 aus dem europäischen bzw. aus dem asiatischen Kulturraum (siehe Tabelle 1). Die Aufgabe wurde den Probanden in ihrer jeweiligen Muttersprache (Deutsch bzw. Chinesisch) mit Hilfe eines Leitfadens einheitlich erläutert. Alle Probanden verfügen über eine Hochschulzugangsberechtigung, unterscheiden sich jedoch hinsichtlich ihrer Erfahrung in der Montage sowie mit den im Versuch eingesetzten Bausteinen. Gemessen am Mittelwert haben die europäischen Probanden in beiden Bereichen eine deutlich größere Erfahrung (siehe Tabelle 1).

Als unabhängige Variable wurde die kulturelle Herkunft betrachtet. Als abhängige



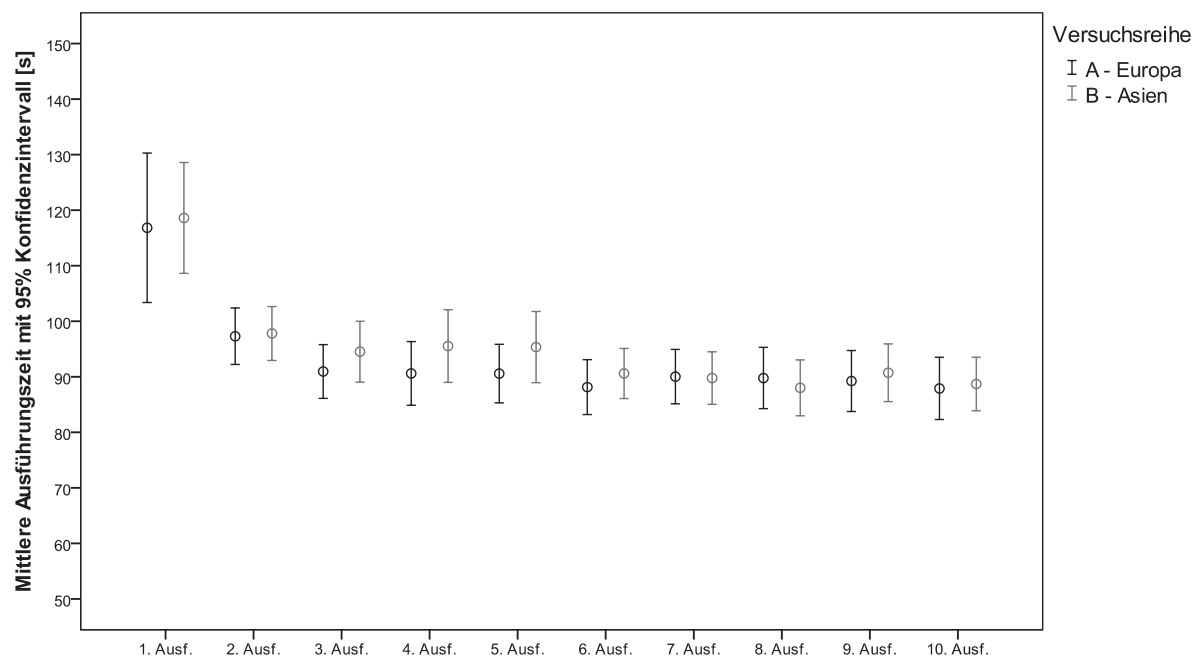
Variablen wurden die Arbeitsausführungsdauern (Bauzeiten) der einzelnen Pyramiden analysiert.

**Tabelle 1:** Charakteristika des Probandenkollektivs unterteilt nach kultureller Herkunft

Versuchsreihe	Alter	Geschlecht	Händigkeit	Erf. Montage	Erf. Bausteine
A – Europa (Deutschland)	MW: 26,58	männl.: 13	rechts: 22	MW: 2,06	MW: 2,81
	St.Abw.: 3,189	weibl.: 11	links: 2		
	Min: 21				
	Max: 33				
B – Asien (China)	MW: 23,08	männl.: 15	rechts: 24	MW: 1,33	MW: 1,04
	St.Abw.: 1,767	weibl.: 9	links: 0		
	Min: 19				
	Max: 28				
	Erfahrung: keine = 0, ..., sehr hohe = 5				

#### 4. Ergebnisse und Auswertung

Die Ergebnisse beider Versuchsreihen lassen das Auftreten eines übungsbedingten Leistungszuwachses bereits an Hand der Mittelwerte der einzelnen Arbeitsausführungsdauern und ihrer 95%-Konfidenzintervalle erkennen (siehe Abbildung 1): Beginnend bei vergleichsweise hohen Werten für die erste Arbeitsausführung fällt der Zeitbedarf zunächst schnell ab, um dann ein annähernd stabiles Niveau zu erreichen, von dem aus nur noch geringfügige Verbesserungen möglich sind. Dieser Leistungszuwachs wird mit Hilfe einer bivariaten Varianzanalyse mit Messwiederholung untersucht ( $\alpha=0,05$ ). Dabei werden die kulturelle Herkunft bzw. die Zuordnung zu den beiden Versuchsreihen sowie die Wiederholung der einzelnen Arbeitsausführungen als Hauptfaktoren untersucht.



**Abbildung 1:** Gegenüberstellung der mittleren Arbeitsausführungsdauern beider Versuchsreihen

Mit Hilfe der genannten statistischen Analyse kann das Auftreten der Leistungszunahme als Haupteffekt signifikant nachgewiesen werden ( $F=37,515$ ;  $df=2,242$ ;  $p=0,000$ ). Insbesondere unterscheidet sich die erste Arbeitsausführung signifikant

von allen weiteren ( $p=0,000$ ). Dagegen kann zum Hauptfaktor der kulturellen Herkunft kein signifikanter Effekt ermittelt werden ( $F=0,301$ ;  $df=1$ ;  $p=0,586$ ), so dass ein Einfluss der kulturellen Herkunft auf die Ausführungszeiten bzw. auf das damit verbundene Erlernen und Üben benötigter Fertigkeiten nicht besteht. Ein Interaktionseffekt zwischen den einzelnen Arbeitsausführungen und der kulturellen Herkunft ( $F=0,567$ ;  $df=2,242$ ;  $p=0,588$ ) kann ebenfalls nicht ermittelt werden.

Die weiteren erhobenen Variablen Alter, Geschlecht und Erfahrung mit Montage bzw. mit dem eingesetzten Bausteinsystem wurden hinsichtlich ihres wechselseitigen Zusammenhangs sowie hinsichtlich ihres Zusammenhangs mit den Arbeitsausführungszeiten in beiden Versuchsreihen untersucht. Die Händigkeit konnte auf Grund der vorliegenden Fallzahlen nicht betrachtet werden (siehe Tabelle 1).

Mit Hilfe zweiseitiger Korrelationsanalysen nach Pearson zeigte sich, dass innerhalb der beiden Versuchsreihen ein signifikanter Zusammenhang (Versuchsreihe A;  $r=0,451$ ;  $p=0,027$ ) bzw. kein Zusammenhang (Versuchsreihe B) zwischen der Erfahrung der Probanden in der Montage und mit den eingesetzten Bausteinen nachweisbar ist. Darüber hinaus liegt in Versuchsreihe B ein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Alter und der Erfahrung mit Montage vor ( $r=0,489$ ;  $p=0,015$ ).

Ein signifikanter Zusammenhang zwischen den Arbeitsausführungszeiten bei der Montage der einzelnen Pyramiden und den untersuchten Einflussgrößen konnte in keiner Versuchsreihe ermittelt werden.

## 5. Fazit und Ausblick

Die durchgeführten empirischen Untersuchungen an europäischen und asiatischen Probanden geben keinerlei Hinweise darauf, dass die kulturelle Herkunft eine Auswirkung auf das Erlernen und Üben sensumotorischer Fertigkeiten für niedrig komplexe Montageaufgaben hat.

Im Rahmen der weiteren Forschung sind zusätzliche personenbezogene Merkmale wie formale Qualifikationen, Kompetenzen und allgemeine motorische Fertigkeiten hinsichtlich ihres Einflusses auf die Anlernzeit zu untersuchen. Zu diesem Zweck sind entsprechende empirische Versuchsreihen zu entwerfen, durchzuführen und auszuwerten. Zusammen mit den auf die Arbeitsaufgabe und die zur Anlernung gewählte Methode bezogenen Einflussgrößen ist schließlich das angestrebte Prognosemodell zu konzipieren und in Fallstudien zu evaluieren.

## 6. Literatur

1. Bokranz, R. & Landau, K. 2006, Produktivitätsmanagement von Arbeitssystemen. Stuttgart: Schäffer-Poeschel.
2. Jeske, T., Hinrichsen, S., Tackenberg, S., Duckwitz, S. & Schlick, C.M. 2009, Entwicklung einer Methode zur Prognose von Anlernzeiten. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg.), Arbeit, Beschäftigungsfähigkeit und Produktivität im 21. Jahrhundert. Dortmund: GfA-Press, S. 185-188.
3. Mayer, M., Odenthal, B., Faber, M., Kabuß, W., Kausch, B. & Schlick, C. 2009, Simulation of Human Cognition in Self-Optimizing Assembly Systems. In: Proceedings of the IEA2009 - 17th World Congress on Ergonomics, 09. - 14. August, Beijing (CD-ROM), Beijing, China 2009.
4. Rohmert, W., Rutenfranz, J. & Ulich, E. 1974, Das Anlernen sensumotorischer Fertigkeiten, Institut für Arbeitswissenschaft, TU Darmstadt, 2. Auflage. Frankfurt am Main: Europäische Verlagsanstalt.

# Interkulturelle Kompetenz und kulturelle Anpassung - eine empirische Untersuchung der Einflussfaktoren interkulturellen Erfolgs bei Expatriates

Petia GENKOVA und Katrin HUBER

*Fach Psychologie, Philosophische Fakultät, Universität Passau,  
Innstraße 33, D-94030 Passau*

**Kurzfassung:** Diese Untersuchung beschäftigt sich mit der Frage, welche Variablen das erfolgreiche Leben und Arbeiten im Ausland als Expatriate beeinflussen. Es werden Unterschiede im Ausmaß der bestehenden Probleme erkennbar. Verantwortlich für diese Unterschiede sind moderierende Faktoren auf der situationsbezogenen Ebene Kontaktqualität zu Angehörigen der Gastkultur. Auf der individuellen Ebene lassen sich als Einflussfaktoren der soziokulturellen Anpassung Sprachkenntnisse und kulturorientierte Ausbildung ermitteln. Keinen Einfluss nehmen in unserer Stichprobe Kontakthäufigkeit zu Angehörigen der Gastkultur, Vorstellungen und landeskundliches Wissen.

**Schlüsselwörter:** Interkulturelle Kommunikation, Kompetenz, Kulturelle Anpassung, Stress.

## 1. Einleitung

Durch die fortschreitende Globalisierung kommt es sehr viel häufiger zu interkulturellen Kontakten und so rücken interkulturelle Probleme immer mehr ins Bewusstsein. Im Kontext von Mitarbeiterentsendungen ins Ausland werden solche Probleme für Unternehmen gar zu einem beträchtlichen Kostenfaktor. Schätzungen zu vorzeitig abgebrochenen Entsendungen schwanken zwischen 10% und 40%, in Entwicklungsländern liegt die Abbruchrate laut einer Studie gar bei 70% (Zeira & Banai 1984, S. 29). Negative Folgen interkulturellen Kontakts für das Individuum werden in der Literatur mit dem Begriff Kulturschock bezeichnet. Erst durch die Anpassung an eine fremde Kultur könne der Kulturschock überwunden werden und ein Migrant als interkulturell erfolgreich gelten (Weaver 1986, S. 111). Aus dieser Perspektive stehen die Voraussetzungen und moderierende Faktoren (wie z.B. kulturelle Distanz, Sprachkenntnisse, vorangehende Auslandserfahrung usw.) bzw. deren Konsequenzen für die kulturelle Anpassung im Vordergrund (Ward 1996). Oberg (1960) beschreibt den Anpassungsprozess in vier aufeinander folgenden Phasen. Die erste sogenannte Honeymoon Stage zeichnet sich aus durch Faszination über die neuen Eindrücke und Erlebnisse in der Anfangsphase eines Aufenthalts in einer fremden Kultur. In dieser Phase bestehen freundliche, oberflächliche Beziehungen zu Angehörigen der Gastkultur. Sobald sich jedoch der Alltag einstellt und der Expatriate mit den wirklichen Bedingungen im Gastland fertig werden muss, setzt die zweite, krisenhafte Phase ein (Crisis). Kulturelle Unterschiede und daraus entstehende Probleme bewirken Gefühle der Unzulänglichkeit, Angst und Verärgerung. Gegenüber Angehörigen der Gastkultur besteht nun eine aggressive und feindselige Haltung. Man umgibt sich in dieser Phase vorwiegend mit eigenen Landsleuten und kritisiert das Gastland. Ein echtes Verständnis für die fremde Kultur fehlt in dieser Zeit, stattdessen ist ein ste-

reotypes Denken der Betroffenen üblich. Die folgende dritte Phase (Recovery) ist durch verbesserte Kenntnisse der Sprache und der Regeln des alltäglichen Lebens gekennzeichnet. Insgesamt wird eine weniger kritische Haltung gegenüber der Gastkultur eingenommen. Darauf folgt die letzte Phase (Adjustment), in der die Anpassung an die fremde Kultur erfolgt und das Gefühl der Angst verschwunden ist.

Für die zweite Phase des Anpassungsprozesses, in der schwerwiegende Anpassungsprobleme auftreten, führt Oberg den Begriff „Kulturschock“ ein und erläutert sowohl Ursachen als auch Symptome. Ein Kulturschock, so Oberg, entstehe durch den Verlust aller bekannten Symbole und Zeichen in sozialen Interaktionen. Zu diesen Symbolen und Zeichen zählen Worte, Gesten, Gesichtsausdrücke, Gewohnheiten oder Normen, die alle im Verlauf der Kindheit erlernt werden (Oberg 1960, S. 177-179).

## **2. Fragestellung, Methode und Stichprobenbeschreibung**

Im theoretischen Teil wurde dargestellt, dass interkultureller Kontakt, aufgrund kultureller Unterschiede zwischen den Beteiligten, Probleme mit sich bringt. Für den Einzelnen bedeutet dies nach dem Akkulturationsmodell von Ward, dass er sich an die Gastkultur soziokulturell und psychologisch anpassen muss (Ward 1996). Aus der dargelegten Fragestellung ergeben sich folgende drei Themenbereiche und dazugehörige Hypothesen:

Hypothese 1: Der häufige Kontakt mit Angehörigen der Gastkultur und die bessere Kontaktqualität erhöhen den Grad der soziokulturellen Anpassung.

Hypothese 2: Soziokulturelle Anpassung und individuelle moderierende Faktoren:

H 2.1. Vorstellungen bzw. reale Vorstellungen beeinflussen die soziokulturelle Anpassung positiv; H 2.2. Je besser die Kenntnisse der Landessprache oder einer anderen Verständigungssprache, umso höher ist der Grad der soziokulturellen Anpassung; H 2.3. Je höher das landeskundliche Wissen in Bezug auf das Gastland, umso höher ist der Grad der Anpassung.

Der Fragebogen zur Erhebung der benötigten Daten besteht aus mehreren demographischen Fragenkomplexen (Sprachkenntnisse, Vorstellungen, Vorbereitung u.a.) und der sogenannten Sociocultural Adaptation Scale (SCAS) nach Ward und Kennedy (1999). Für die vorliegende Befragung zu kultureller Anpassung war es sehr wichtig, dass sich die Angesprochenen zum Zeitpunkt der Befragung im Ausland aufhielten und nicht bereits in die Heimat zurückgekehrt waren. Die Einwände gegen eine Befragung, die nach einem Auslandsaufenthalt durchgeführt wird, bestehen zusammengefasst darin, dass Befragte im Nachhinein dazu neigen, die Erlebnisse im Ausland zu verklären bzw. Dinge zu vergessen, wodurch ihre Antworten verfälscht sein können. Bei den Befragten (N=107) handelt es sich um Expatriates, Immigranten und Studenten, die als Praktikanten im Ausland arbeiten. Zunächst sollen allgemeine Merkmale der Befragten beschrieben werden. 65% der Stichprobe sind weiblich, 35% männlich. Die Teilnehmer sind zwischen 24 und 69 Jahre alt, wobei das Durchschnittsalter  $M=33.12$ ;  $SD= 6.94$  Jahre beträgt und der Median bei  $MD=32.50$  Jahren liegt.

## **3. Ergebnisse und Diskussion**

Als situationsbezogener Faktor in Bezug auf die soziokulturelle Anpassung taucht

in Wards Akkulturationsmodell der Kontakt zu Angehörigen der Gastkultur auf (Hypothese 1).

Die Kontakthäufigkeitsskala fragt danach, ob die Befragten die Freizeit hauptsächlich mit Einheimischen, eher mit Landsleuten oder Expatriates aus anderen Ländern verbringen. So entstehen vier verschiedene Gruppen. Die Durchführung einer Varianzanalyse ergibt allerdings, dass das Ergebnis der Analyse nicht signifikant ist. Ähnlich wie die Kontakthäufigkeit wird auch die Kontaktqualität untersucht. Die Stichprobe wird in fünf Gruppen eingeteilt. Gruppe 1 hat keine oder fast keine Kontakte zu Angehörigen der Gastkultur, Gruppe 2 einige oberflächliche und Gruppe 3 einige tiefer gehende Kontakte. Gruppe 4 verfügt hingegen über einige sehr gute Bekannte, die der Gastkultur angehören, während Gruppe 5 einen großen Kreis einheimischer Freunde aufweist. Betrachtet man die durchschnittlichen Werte der Anpassung bei den unterschiedlichen Gruppen, so lässt sich feststellen, dass die Gruppen 4 ( $M=2.11$ ;  $SD=.45$ ) und 5 ( $M=2.02$ ;  $SD=.45$ ) mit qualitativ besseren Kontakten niedrigere Werte erreichen als die Gruppen 2 ( $M=2.35$ ;  $SD=.56$ ) und 3 ( $M=2.46$ ;  $SD=.47$ ) mit qualitativ schlechteren Kontakten. Dies bedeutet die Personen (Gruppe 4 und 5) empfinden weniger Schwierigkeiten und sind folglich soziokulturell besser angepasst ( $F=2.927$ ;  $df=4$ ;  $100$ ;  $p^*<0.05$ ). So bietet ein qualitativ guter Kontakt zu den Angehörigen der Gastkultur nach obiger Analyse die Möglichkeit, die Anpassung zu verbessern. Das könnte durch den direkten Dialog unter Freunden oder Bekannten erklärt werden, der divergierende Verhaltens- und Denkweisen aus verschiedenen Kulturen besser verständlich macht und somit kulturspezifische Fertigkeiten erlernt werden (Ward 1996, S. 137).

In der Literatur gelten Vorstellungen bzw. Erwartungen in Bezug auf den Auslandsaufenthalt als wichtiger Einflussfaktor der soziokulturellen Anpassung, obwohl bisher wenige empirische Untersuchungen den Zusammenhang überprüften (Ward 1996, S. 133). Dazu ergeben sich zwei Teilhypothesen. Eine Teilhypothese bezieht sich auf den Zusammenhang von Vorstellungen und soziokultureller Anpassung allgemein, die zweite auf die Untersuchung von realen Vorstellungen und soziokultureller Anpassung (Hypothese 2.1).

Allerdings ergibt sich bei der Prüfung der Signifikanz, dass der Wert nicht signifikant ist. Folglich ist die erste Teilhypothese nicht bestätigt. Viele interkulturelle Trainings zur Vorbereitung auf Auslandsaufenthalte beruhen jedoch auf der Idee, dass realistische Vorstellungen vom Gastland und die Kenntnis von möglichen interkulturellen Schwierigkeiten die Anpassung erleichtern. In einigen Studien konnte dies bereits belegt werden (Ward 1996, S. 133). Hier bleibt allerdings zu berücksichtigen, dass Vorstellungen und Erwartungen, die von den Befragten aus der Retrospektive wiedergegeben werden, unter Umständen anders beschrieben werden, als sie sich tatsächlich darstellten.

Gute Sprachkenntnisse gelten in der Interkulturellen Kommunikation als eines der Schlüsselemente gelungener soziokultureller Anpassung. Durch eine Korrelationsanalyse nach Pearson kann ein positiver Zusammenhang zwischen Kenntnissen der Landessprache und kultureller Anpassung nachgewiesen werden ( $r=.222^*$ ). Gute Sprachkenntnisse erleichtern die Kommunikation mit Angehörigen der Gastkultur und sorgen dafür, dass zumindest rein sprachliche Probleme und Missverständnisse verringert werden. Sind Verständigungsmöglichkeiten gegeben, so bedeutet dies nach Ward meist auch eine Erhöhung der Zahl interkultureller Interaktionen (1996, S. 132). Auf diese Weise können Sprachkenntnisse sowohl eine Integration des betreffenden Migranten im Gastland bewirken, als auch Verständnis für die Gastkultur schaffen und so auf kognitive Aspekte der Anpassung einwirken.



In vielen interkulturellen Trainings wird landeskundliches Wissen vermittelt. Dem liegt die Annahme zugrunde, Wissen über das Gastland würde die Anpassung erleichtert (vgl. Ward 1996). Tatsächlich besteht jedoch in dieser Untersuchung kein entsprechender signifikanter Zusammenhang. Landeskundliches Wissen erweist sich daher nicht als moderierender Faktor in Bezug auf die soziokulturelle Anpassung und die Hypothese kann somit nicht bestätigt werden. Dieses Erkenntnis steht in Einklang mit Forschungen zu Vorbereitungsmaßnahmen für Auslandseinsätze, die lediglich Faktenwissen über fremde Kulturen vermitteln. Allein das Wissen um bestimmte Sitten, Traditionen und Bräuche, um politische Geschehnisse oder geschichtliche Hintergründe führt nicht dazu, dass man sich in der Gastkultur zu rechtfindet. Natürlich können solche faktischen Hintergründe Ursachen für Verhaltensunterschiede oder Missverständnisse sein, doch kann das Wissen darüber Anpassungsprobleme nur dann reduzieren, wenn sie für den Migranten in Beziehung zu Denk- und Verhaltensweisen der Einheimischen gesetzt werden können und als Erklärung für unterschiedliche Verhaltensweisen herangezogen würden. Möglicherweise war dies bei den Befragten der vorliegenden Untersuchung nicht der Fall sein, so dass ein signifikanter Effekt hier ausblieb.

Durch die Untersuchung wird deutlich, dass interkultureller Kontakt tatsächlich Probleme mit sich bringt wie die über die SCAS vorgenommene Messung der soziokulturellen Anpassung zeigt. In diesem Rahmen ist zu bedenken, dass soziokulturelle Anpassung nicht nur um ihrer selbst Willen anzustreben ist, sondern die psychologische Anpassung an die Gastkultur unterstützen soll. Kulturelle Anpassung ist bei einem längeren Auslandsaufenthalt also notwendig, da zwischen einzelnen Kulturen Unterschiede bestehen. Deutet nicht alles darauf hin, dass kulturelle Unterschiede durch die Folgen der fortschreitenden Globalisierung ohnehin nach und nach ausgelöscht werden? Die Angleichung der Kulturen muss jedoch nicht zwangsläufig die Folge der fortschreitenden Globalisierung sein. Weltweit werden zwar dieselben Dinge konsumiert, diese werden aber von den Menschen unterschiedlicher kultureller Hintergründe auf unterschiedlichste Weise interpretiert (Breidenbach & Zukrigl 2000, S. 81). Für die interkulturelle Kommunikation bedeutet dies, dass Unterschiede weiterhin bestehen bleiben. So mag es in Zukunft mehr Gemeinsamkeiten zwischen Menschen aus verschiedenen Ländern geben. Die Herausforderung für die interkulturelle Kommunikation wird es sein, neue Kulturstandards zu identifizieren. Es wird auch weiterhin nötig sein, sich an fremde Kulturen anzupassen, um im Ausland effektiv handeln zu können und um interkulturell erfolgreich zu sein.

#### 4. Literatur

1. Breidenbach, J. & Zukrigl, I. 2000, *Tanz der Kulturen, Identität in einer globalisierten Welt*. Reinbek: Rowohlt.
2. Oberg, K. 1960, Cultural Shock. Adjustment to New Cultural Environments, *Practical Anthropologist*, 7, 177-182.
3. Ward, C. 1996, Acculturation. In: S.D. Landis & R.S. Bhagat (Hrsg.), *Handbook of Intercultural Training*, 2. Auflage. Thousands Oaks: Sage, S. 124-147.
4. Ward, C. & Kennedy, A. 1999, The Measurement of Sociocultural Adaptation, *International Journal of Intercultural Relations*, 23, 659-677.
5. Weaver, G.R. 1986, Understanding and Coping with Cross-Cultural Adjustment Stress. In: R.M. Paige (Hrsg.), *Cross-Cultural Orientation. New Conceptualizations and Applications*. Lanham: University Press of America.
6. Zeira, Y. & Banai, M. 1984, Present and Desired Methods of Selecting Expatriate Managers for International Assignments, *Personnel Review*, 13, 29-35.



## Der Einfluss interkultureller Unterschiede auf das Arbeitsleben

Ralph HENSEL und Birgit SPANNER-ULMER

*Professur Arbeitswissenschaft, Technische Universität Chemnitz,  
Erfenschlager Straße 73, D-09125 Chemnitz*

**Kurzfassung:** Die Globalisierung und die damit verbundene Internationalisierung von Unternehmensaktivitäten wirkt sich sowohl auf der Ebene des Unternehmens als auch auf die einzelnen Mitarbeiter aus. Die Arbeitswissenschaft steht daher vor der Herausforderung, die existierenden arbeitswissenschaftlichen Methoden und Konzepte auf die Übertragbarkeit in andere Kulturen zu überprüfen. Im Fokus des Beitrages stehen prozessergonomische Lösungsansätze, um den Herausforderungen der internationalen Unternehmenstätigkeit kulturadäquat begegnen zu können. Dazu werden im Rahmen des Beitrages arbeitswissenschaftliche Konzepte anhand eines entwickelten Kulturbeschreibungsansatzes auf ihre kulturelle Abhängigkeit hin untersucht und erste praxeologische Handlungsempfehlungen aufgezeigt. Ein Fazit unterstreicht abschließend die Notwendigkeit weiterer Untersuchungen der Kulturabhängigkeit arbeitswissenschaftlicher Methoden und deren Überführung in ein interkulturelles Industrial Engineering.

**Schlüsselwörter:** Interkulturalität, interkulturelles Management, Veränderungsprozesse, Change Management.

### 1. Motivation

Die Globalisierung und das damit verbundene Auslandsengagement von Unternehmen stellt diese vor neue Herausforderungen, die aus den im Vergleich zum Stammland veränderten Rahmenbedingungen in der politisch-rechtlichen, der makroökonomischen, der ökologischen, der technologischen und besonders der sozio-kulturellen Unternehmensumwelt resultieren. Die Entwicklung vom lokal zum global agierenden Unternehmen ist demnach mit einer Vielzahl struktureller, funktionaler und personeller Veränderungen verbunden, die zu bewältigen sind.

Insofern wirkt sich die Internationalisierung der Unternehmensaktivität sowohl auf der Ebene des Unternehmens als auch auf die einzelnen Mitarbeiter aus. Das betrifft zum einen die Anpassung und Übertragung von Organisations- und Managementkonzepten auf ausländische Standorte vor dem Hintergrund der sich grundlegend unterscheidenden Gesellschaftskonzepte verschiedener Länder. Beispielhaft seien die Durchführung arbeitsorganisatorischer Rationalisierungs- und Gestaltungsmaßnahmen durch das Industrial Engineering (IE) genannt, die eine Anpassung der IE-Methoden und -Konzepte erfordern. Zum anderen können interkulturelle Unterschiede auch zu Problemen und Konflikten bei der direkten, interpersonellen Interaktion zwischen Angehörigen unterschiedlicher Kulturen führen. Dies betrifft beispielsweise die Entsendung von Führungskräften als Expatriates ins Ausland oder die Kooperation in multikulturellen Arbeitsgruppen (Hensel & Spanner-Ulmer 2008a).

## 2. Kultur als managementrelevanter Einflussfaktor

In interkulturellen Überschneidungssituationen haben sozio-kulturelle Umweltfaktoren einen großen Einfluss auf den Erfolg von Managemententscheidungen. Die sozio-kulturelle Umwelt umfasst zum einen die kulturell determinierten Werte und Einstellungen, die beispielsweise aus religiösen Glaubensinhalten, ethisch-moralischen Normen oder überlieferten Verhaltensvorschriften resultieren. Zum anderen zählen auch soziale Beziehungen dazu, wie demographische Merkmale, Familienstrukturen oder die Stellung der Geschlechter. Daher sind die Kenntnis der Werte und Spielregeln der Zielländer sowie das Auseinandersetzen mit den kulturellen Gegebenheiten vor Ort von entscheidender Bedeutung, um Wertekonflikte, Missverständnisse und Fehlinterpretationen zu vermeiden (Hensel & Spanner-Ulmer 2008b).

Hofstede (2006) Definition folgend, der Kultur als „kollektive Programmierung“ („collective programming of the mind“) versteht, umfasst Kultur die Gesamtheit der Normen, Werte sowie Einstellungen einer Gemeinschaft und stellt damit ein kollektives Orientierungssystem menschlichen Verhaltens dar.

Mithilfe von Kulturdimensionen lassen sich Verhaltensmuster, die von Kultur zu Kultur in unterschiedlichen Ausprägungen charakteristisch und verbreitet sind, beschreiben. An der Professur Arbeitswissenschaft der Technischen Universität Chemnitz wurde ein Modell zur Kulturbeschreibung entwickelt. Auf der Basis existierender Kulturvergleichsansätze, die analysiert und ausgewertet wurden, entstand so ein komplexer Kulturerfassungsansatz, der die 15 wichtigsten Kulturdimensionen vereint und basierend auf dem Kulturebenenmodell von Schein (1992) nach fünf Grundannahmen klassifiziert, die den Bezugsrahmen für das Verhalten darstellen: Zeitverständnis, Kommunikation, Wahrheit und Vertrauen, zwischenmenschliche Beziehungen sowie Macht und Leistung (vgl. Abbildung 1).

				Kontrollgrad <i>fremdbestimmt/ selbstbestimmt</i>
	Emotionen <i>introvertiert/ extravertiert</i>	Rationalität <i>dogmatisch/ rational</i>	Involvement <i>spezifisch/ diffus</i>	Machtdistanz und Status <i>niedrig/ hoch</i>
Zeitliche Abfolge <i>monochron/ polychron</i>	Sozialer Raum <i>Low-Contact/ High-Contact</i>	Unsicherheits- vermeidung <i>niedrig/ hoch</i>	Universalismus/ Partikularismus	Leistungsorientierung <i>Feminität/ Maskulinität</i>
Zeitorientierung <i>Kurzfristigkeit/ Langfristigkeit</i>	Kontextabhängigkeit <i>Low-Context/ High-Context</i>	Menschenbild <i>Vertrauen/ Misstrauen</i>	Individualismus/ Kollektivismus	Aktivitätsorientierung <i>Sach-/ Beziehungsorientierung</i>
<b>Zeitverständnis</b>	<b>Kommunikation</b>	<b>Wahrheit und Vertrauen</b>	<b>Zwischenmenschliche Beziehungen</b>	<b>Macht und Leistung</b>

**Abbildung 1:** Modell zur Kulturbeschreibung

Der entwickelte Kulturerfassungsansatz erlaubt die Strukturierung und Abbildung kultureller Diversität. Auf dieser Basis lassen sich unterschiedliche Nationalkulturen in empirischen Untersuchungen und unter Zuhilfenahme existierender Sekundärdaten anhand ihrer kulturdifferenzierenden Merkmale (Normen, Werte, Einstellungen) beschreiben und vergleichen (Hensel & Spanner-Ulmer 2008b).

### 3. Arbeitswissenschaft im Spannungsfeld interkultureller Unterschiede

Interkulturelle Kompetenz ist eine Grundvoraussetzung für den Erfolg betrieblicher Auslandsaktivitäten. Aufgrund dessen steht auch die Arbeitswissenschaft vor der Herausforderung, die existierenden arbeitswissenschaftlichen Methoden und Konzepte auf die Übertragbarkeit in andere Kulturen zu überprüfen.

Die Professur Arbeitswissenschaft der Technischen Universität Chemnitz widmet sich diesem Thema und untersucht die Kulturabhängigkeit von arbeitswissenschaftlichen Fragestellungen auf den Gebieten der Produkt- und Prozessergonomie. Der an der Professur Arbeitswissenschaft entwickelte Kulturbeschreibungsansatz kann in diesem Zusammenhang dazu beitragen, prozessergonomische Konzepte auf ihre kulturelle Abhängigkeit hin zu hinterfragen. Exemplarisch soll dies im Folgenden anhand arbeitsorganisatorischer Fragestellungen erfolgen, wie der kulturadäquaten Gestaltung von Organisationsstrukturen und -konzepten, der Kulturabhängigkeit von Ansätzen zur Mitarbeitermotivation sowie der Übertragbarkeit von Produktionssystemelementen.

Die hierarchischen Strukturen der Aufbauorganisation unterliegen vielfältigen kulturellen Einflüssen. In Kulturen, wie Deutschland, Skandinavien oder den USA beispielsweise, in denen die Machtdistanz, eine Dimension kultureller Unterschiede, zwischen Mitarbeitern und Vorgesetzten niedrig ist, sind Organisationen eher dezentral und flach hierarchisch aufgebaut. Lean-Management-Konzepte lassen sich in diesen Kulturen eher umsetzen als in Kulturen mit höherer Machtdistanz, wie Frankreich oder China, wo feine Hierarchieunterschiede zwischen den Organisationsmitgliedern strukturell abzubilden sind. Konzepte der Mitarbeiterbeteiligung, wie KVP (Kontinuierlicher Verbesserungsprozess), lassen sich in Kulturen mit niedriger Machtdistanz zudem einfacher umsetzen, da die Mitarbeiter hier einen partizipativen, demokratischen Führungsstil erwarten.

Doch auch die Form der Aufbauorganisation wird kulturell determiniert. Stab-Linien-Organisationen kommen Mitgliedern kollektivistischer Kulturen entgegen, da sie sich dem Funktionsbereich und dem direkten Vorgesetzten verbunden sehen. Das Beziehungsgefüge nimmt gegenüber der bloßen Leistungsorientierung einen höheren Stellenwert ein. Matrixorganisationen können demgegenüber bei Mitgliedern kollektivistischer Kulturen und bei hoher Machtdistanz zu Konflikten aufgrund unklarer Zuständigkeiten führen, die aus der persönlichen Loyalität zum Vorgesetzten erwächst. Stattdessen eignet sich eine Matrixorganisation vor allem für Kulturen, deren Mitglieder eigenständig und verantwortungsbewusst handeln.

Außerdem existieren interkulturelle Unterschiede bei der Mitarbeitermotivation. Insbesondere unterscheiden sich die Bedürfnispräferenzen. So existieren einerseits sachorientierte Kulturen, wie die USA, Italien oder Japan, denen eher Geld und Sachwerte wichtig sind. Andererseits gibt es beziehungsorientierte Kulturen, beispielsweise die skandinavischen Länder, in denen die Menschen eher nach Lebensqualität und zwischenmenschlichen Beziehungen streben. Dies muss insbesondere bei der Gestaltung von Anreizsystemen berücksichtigt werden, denn entweder spielen leistungsabhängige Entlohnung und Karriere als extrinsische Motivationsfaktoren eine wichtige Rolle, oder die Motivation kann intrinsisch über die Arbeitsaufgabe selbst erfolgen. In individualistischen Kulturen, wie Deutschland oder den USA, ist es wichtig, die Individualität des Mitarbeiters zu berücksichtigen, das heißt zum einen die Leistung des einzelnen zu honorieren und zum anderen beispielsweise durch Cafeteria-Systeme eine individuelle Anpassungsmöglichkeit an die persönlichen Bedürfnisse für den Arbeitnehmer zu erreichen. In kollektivistischen Kulturen, wie Ja-

pan oder China, bleiben persönliche Interessen zumeist hinten angestellt. Die Arbeitsmotivation entwächst demnach mehr dem Gedanken des „Gruppenwohls“, das heißt intrinsisch durch die Gruppenzugehörigkeit. Ein besonderes Augenmerk ist daher auf den Zusammenhalt innerhalb der Gruppe zu legen, diese würde durch die Entlohnung individueller Leistungen gestört.

Mit dem Ziel wertschöpfende Fertigungsprozesse zu generieren, werden bei den deutschen Unternehmen vermehrt japanische Produktionsprinzipien eingesetzt, die sich am Benchmark Toyota orientieren. Übersehen wird bei der Implementierung von Produktionssystemen häufig, dass in Japan andere gesellschaftliche Rahmenbedingungen vorherrschen und große interkulturelle Unterschiede existieren. Daher lassen sich die Elemente der Produktionssysteme nicht generell auf andere Länder und Kulturen übertragen, wie bereits kurz anhand von KVP und Lean-Management veranschaulicht wurde. Beispielhaft sei weiterhin das Konzept der Gruppenarbeit angesprochen, das insbesondere durch die MIT-Studie in Deutschland populär wurde. Doch dieses Konzept kann nicht eins zu eins übertragen werden und ist anzupassen. Im japanischen Gruppenarbeitskonzept ist aufgrund der hohen Machtdistanz ein hierarchisch höher gestellter und weisungsbefugter Gruppenleiter vorhanden, was in deutschen Unternehmen aufgrund der niedrigen Machtdistanz von den Mitarbeitern nicht akzeptiert würde. In Deutschland existiert stattdessen nur ein Gruppensprecher. In den USA sind die Menschen weitaus individualistischer als in Deutschland oder gar Japan, Gruppenarbeitskonzepte sehen sich da gänzlich anderen Problemen gegenüber, insbesondere wenn es darum geht eine Gruppenidentität zu schaffen.

#### **4. Fazit: Die Notwendigkeit zum interkulturellen Industrial Engineering**

Die Ausführungen unterstreichen die Kulturabhängigkeit arbeitswissenschaftlicher Konzepte und Methoden. Diese ist noch weitestgehend unerforscht und wird zudem auch in der unternehmerischen Praxis noch nicht genügend berücksichtigt. Aufgrund des Forschungsansatzes der Professur Arbeitswissenschaft der TU Chemnitz auf dem Gebiet der interkulturellen Prozessergonomie entstand ein erster Ansatz, um Kultur beschreibbar zu machen und kulturelle Einflussfaktoren auf prozessergonomische Lösungskonzepte zu identifizieren. Diese werden aktuell im betrieblichen Umfeld evaluiert und sollen im Sinne einer praxeologischen Umsetzung arbeitswissenschaftlicher Erkenntnisse als interkulturelles Industrial Engineering in global agierenden Unternehmen verankert werden.

#### **5. Literatur**

1. Hensel, R. & Spanner-Ulmer, B. 2008a, Vom lokal zum global agierenden Unternehmen - Strategien des interkulturellen Managements. In: E. Müller & B. Spanner-Ulmer (Hrsg.). Wandlungsfähige Produktionssysteme, TBI'08 – 13, Tage des Betriebs- und Systemingenieurs / II. Symposium Wissenschaft und Praxis, Tagungsband. Chemnitz: Institut für Betriebswissenschaften und Fabrikssysteme.
2. Hensel, R. & Spanner-Ulmer, B. 2008b, Change Management im Spannungsfeld interkultureller Unterschiede. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg.), Produkt- und Produktions-Ergonomie – Aufgabe für Entwickler und Planer. Dortmund: GfA Press, S. 833-836.
3. Hofstede, G.H. 2006, Culture's consequences. Comparing values, behaviors, institutions, and organizations across nations. Thousands Oaks: Sage.
4. Schein, E.H. 1992, Organizational culture and leadership. San Francisco: Jossey-Bass.

# Lernförderlichkeit und Arbeitsintensität als Einflussfaktoren auf den Erhalt beruflicher Handlungskompetenz über die Spanne des Erwerbslebens

Falk RICHTER

*Institut für Psychologie, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg,  
Brandbergweg 23c, D-06120 Halle (Saale)*

**Kurzfassung:** Der vorliegende Beitrag thematisiert das Job Demand Control Model von Karasek und Theorell (1990) als Ansatz zur Arbeitsgestaltung mit dem Ziel, den Erhalt von Arbeitsfähigkeit, Motivation und Gesundheit über die Spanne des Erwerbslebens zu fördern. Die präsentierten Befunde verweisen insbesondere auf die förderliche Wirkung eines ausgeprägten Handlungsspielraums und das Risiko einer Kombination geringen Handlungsspielraums mit hohen Anforderungen im Rahmen sogenannter high strain jobs.

**Schlüsselwörter:** Arbeitsfähigkeit, Motivation, Gesundheit, Job-Demand-Control-Modell.

## 1. Einleitung

Vor dem Hintergrund des demografischen Wandel ergibt sich u.a. die Notwendigkeit, Arbeitssituationen so zu gestalten, dass individuelle Leistungsvoraussetzungen wie berufliches Wissen und Können, Motivation und Gesundheit über die Spanne des Arbeitslebens hinweg so lange wie möglich erhalten bleiben und weiterentwickelt werden können.

Zu den Modellen und Theorien, in denen der Einfluss der Arbeitssituation auf Gesundheit, Wohlbefinden und Motivation thematisiert wird, gehört das Job Demand Control Model (JDCM) von Karasek & Theorell (1990). Demnach wirken Handlungs- und Entscheidungsspielraum (Control) und Arbeitsintensität (Demands) als Ressource bzw. negativ belastender Faktor der Arbeitssituation. Entsprechende Effekte konnten auch in einer Vielzahl von Studien insbesondere für Kriterien der Gesundheit und des Wohlbefindens belegt werden (van der Doef & Maes 1999).

Neben Haupteffekten wird dabei zusätzlich eine Interaktion der beiden Faktoren postuliert, wobei sich aus der Kombination niedriger vs. hoher Ausprägung in beiden Faktoren vier Typen unterschiedlich belastender Arbeitsaufgaben ergeben: passive jobs (resultierende Wirkung: Dequalifizierung), low strain jobs (resultierende Wirkung: Entspannung), high strain jobs (resultierende Wirkung: Stress, Gesundheitsrisiken), active jobs (resultierende Wirkung: Lernen, Persönlichkeitsentwicklung).

In eigenen bisherigen Analysen wurde deutlich, dass lernförderliche Arbeitsgestaltung einen wesentlich größeren Varianzanteil in Indikatoren beruflicher Handlungskompetenz aufklärt als etwa das Alter der Beschäftigten (Richter 2009). Diese Befunde stehen im Einklang mit Ergebnissen aus aktuellen Metaanalysen, die im Durchschnitt auf Nullkorrelationen zwischen Kriterien beruflicher Leistungsfähigkeit und dem Alter verweisen (Ng & Feldman 2008) und sprechen gegen die Annahme eines allgemeinen Abfalls der Leistungsfähigkeit und Lernbereitschaft mit zunehmendem Alter.

Im vorliegenden Beitrag wird thematisiert, inwieweit sich aus dem JDCM zusätzli-



che Aussagen zu Bedingungen für den Erhalt beruflicher Handlungskompetenz über die Spanne des Erwerbslebens ableiten lassen. Dabei wird davon ausgegangen, dass insbesondere „active jobs“ hierfür günstige Bedingungen aufweisen, während sich bei „high strain jobs“ mit zunehmendem Alter eher ein Abfall in Indikatoren der Leistungsfähigkeit und Leistungsbereitschaft zeigen sollte.

## 2. Methode

In einer Querschnittstudie mit Fragebogenerhebung ( $n = 731$  Arbeitende aus unterschiedlichen Branchen) wurden die Lernhaltigkeit der Arbeitsaufgabe (Richter & Wardanjan 2000) als relativ breite Operationalisierung für die Control-Dimension und die Arbeitsintensität (Richter et al. 2000) als Operationalisierung der Demand-Dimension erfasst.

Als Kriterien wurden im Sinne eines breit gefassten Kompetenzbegriffs (Bergmann 2000) unterschiedliche kompetenzrelevante Personenmerkmale analysiert: Ansprüche an die Arbeitsgestaltung (Richter & Wardanjan 2000), berufliche Entwicklungsziele, Eigenaktivität beim Lernen (Richter 2000), das Selbstkonzept der Fach- und Methodenkompetenz (Richter 2000) sowie der Sozialkompetenz (Sonntag & Schäfer-Rauser 1993), Selbstwirksamkeitserwartung (Schwarzer 1994), Involvement (Moser & Schuler 1993) und Arbeitsfähigkeit (Tuomi et al. 1998).

Zusammenhänge zwischen Situationsmerkmalen und Kompetenzkriterien wurden im Rahmen von Korrelationsanalysen sowie moderierten hierarchischen Regressionsanalysen (Aiken & West 1991) mittels SPSS 17.0 untersucht, wobei auch die mögliche Interaktion der beiden Situationsfaktoren berücksichtigt wurde. Des weiteren erfolgte eine Analyse von Alterstrends für die unterschiedlichen Aufgabentypen nach dem JDCM.

## 3. Ergebnisse

Als Ergebnis von Korrelationsanalysen lässt sich zunächst festhalten, dass alle Kriterien signifikant positiv mit der Lernhaltigkeit der Arbeitsaufgabe korrelieren ( $r=0.195$  für die Kooperationsfähigkeit bis  $r=0.452$  für die Ansprüche an die Arbeitsgestaltung). Die Arbeitsintensität korreliert dagegen nur mit einzelnen Kriterien und in geringem Ausmaß signifikant positiv ( $r=0.077$  für die Eigenaktivität beim Lernen,  $r=0.177$  für das methodische Vorgehen,  $r=0.138$  für die Selbstwirksamkeitserwartung,  $r=0.108$  für das Work Involvement). Entgegen den Erwartungen zeigen sich keine negativen Zusammenhänge mit der Arbeitsintensität.

Als Ergebnis von moderierten hierarchischen Regressionsanalysen lassen sich Varianzaufklärungen bis zu 23 % (Involvement) durch die Lernhaltigkeit und die Arbeitsintensität feststellen. Der Einfluss der Lernhaltigkeit wird dabei jeweils durch ein signifikantes Beta-Gewicht unterlegt. Das Beta-Gewicht für die Arbeitsintensität fällt dagegen überwiegend nicht signifikant aus (Ausnahmen positiv: Ansprüche, Selbstwirksamkeitserwartung; Ausnahme negativ: Kommunikationsfähigkeit). Ein zusätzlicher Interaktionseffekt lässt sich lediglich für die Kommunikationsfähigkeit und Selbstwirksamkeitserwartung feststellen, wobei sich eine Kombination aus hoher Lernhaltigkeit und geringer Arbeitsintensität zusätzlich als positiv erweist.

Tabelle 1 verweist auf die Korrelationen der einzelnen Kriterien mit dem Alter in Abhängigkeit vom Aufgabentyp analog dem JDCM, um aufzuzeigen, inwieweit sich



unterschiedliche Aufgabentypen auf den langfristigen Erhalt von Arbeitsfähigkeit, Motivation und beruflichem Wissen und Können auswirken.

**Tabelle 1:** Alterstrends für unterschiedliche Aufgabentypen analog dem JDCM (Pearson-Korrelationskoeffizient, es bedeutet: \*\*\*  $p < 0.001$ , \*\*  $p < 0.01$ , \*  $p < 0.05$ , (\*)  $p < 0.10$ )

Aufgabentyp	Passive Jobs	High Strain Jobs	Low Strain Jobs	Active Jobs
Kriterium				
Anspruchsniveau	-.147	** -.309	(*) -.198	-.143
Entwicklungsziele	*** -.399	*** -.502	*** -.451	*** -.370
Eigenaktivität (Lernen)	-.059	** -.219	.066	-.098
Fachkompetenz	** -.207	* -.158	-.090	-.100
Sozialkompetenz	.033	* -.195	.015	-.044
Kommunikationsfähigk.	-.045	-.143	.051	-.020
Kooperationsfähigkeit	.063	** -.207	-.008	-.056
Methodenkompetenz	.083	-.062	.140	* .139
Methodisches Vorgehen	.069	-.036	.152	* .144
Kognitive Fähigkeiten	.043	-.072	.104	.067
Selbstwirksamkeitserw.	.026	(*) .166	.102	.060
Involvement	** .285	.139	* .244	** .234
Job Involvement	** .222	.142	** .309	.115
Work Involvement	** .244	.101	.161	** .238
WAI Allg. Arbeitsfähigkeit	-.106	-.097	-.091	-.075

Bei 11 von 15 Skalen bzw. Subskalen fällt der Zusammenhang mit dem Alter für „high strain jobs“ im höchsten Maße negativ bzw. im geringsten Maße positiv aus. Allerdings zeigt sich entgegen den Erwartungen kein eindeutiger Vorteil für die sog. „active jobs“. Nur bei vier von 15 Skalen bzw. Subskalen fällt der Zusammenhang mit dem Alter für diesen Aufgabentyp im geringsten Maße negativ bzw. im höchsten Maße positiv aus.

#### 4. Diskussion

Die vorliegenden Ergebnisse verweisen auf den bedeutsamen Einfluss einer lernförderlichen Aufgabengestaltung auf die Entwicklung und den Erhalt von Kompetenz über die Spanne des Erwerbslebens. Bereits in früheren Studien konnte darauf verwiesen werden, dass die Lernhaltigkeit der Arbeitsaufgabe einen deutlich höheren Einfluss auf Indikatoren der beruflichen Handlungskompetenz aufweist als das Alter (Richter 2009).

Im Gegensatz zu Studien, in denen eher Gesundheitskriterien thematisiert werden, zeigen sich allerdings für die hier untersuchten Kompetenzkriterien überwiegend Nullkorrelationen und vereinzelt sogar positive Zusammenhänge mit der Arbeitsintensität. Hohe Anforderungen wirken sich demnach eher positiv auf Indikatoren beruflicher Handlungskompetenz aus.

Nichtsdestotrotz ergeben sich aus der vorliegenden Studie (insbesondere aus den Alterskorrelationen) auch Hinweise auf eine beeinträchtigende Wirkung einer Kombination geringer Lernförderlichkeit und hoher Arbeitsintensität.

Aus dem Job Demand Control Model von Karasek & Theorell (1990) lassen sich somit zumindest teilweise Aussagen zu Bedingungen für den langfristigen Erhalt von

Arbeitsfähigkeit ableiten.

Vor dem Hintergrund einer zunehmenden Standardisierung (resultierend in verringertem Handlungsspielraum und geringerer Anforderungsvielfalt) und Intensivierung von Arbeit auch aufgrund von Wettbewerbs- und Kostendruck gewinnen diese Befunde eine zusätzliche praktische Bedeutung.

Die vorgestellten Befunde sind vor dem Hintergrund der Untersuchungsmethodik (Querschnittstudie, Methoden-Bias) allerdings kritisch zu reflektieren: Außer sozialisierenden Effekten (Einfluss der Lernhaltigkeit der Arbeitsaufgabe auf den Erhalt von Kompetenz) müssen auch mögliche Selektions-/Gravitationseffekte (z.B. langfristiger Verbleib nur der leistungsfähigsten und motiviertesten Mitarbeiter am jeweiligen Arbeitsplatz) berücksichtigt werden. Die Erfassung sowohl der Situationsmerkmale als auch der kompetenzrelevanten Personenmerkmale mit Hilfe von Selbsteinschätzungen durch die Arbeitenden kann zu einer Überschätzung des Zusammenhangs zwischen diesen Variablen führen.

## 5. Literatur

1. Aiken, L.S. & West, S.G. 1991, Multiple regression: Testing and interpreting interactions. Newbury Park, CA: Sage.
2. Bergmann, B. 2000, Arbeitsimmanente Kompetenzentwicklung. In: B. Bergmann, A. Fritsch, P. Göpfert, F. Richter, B. Wardenjan & S. Wilczek (Hrsg.), Kompetenzentwicklung und Berufsarbeit. Münster: Waxmann, S. 11-39.
3. Karasek, R. & Theorell, T. 1990, Healthy Work. Stress, Productivity and the Reconstruction of the Working life. New York: Basic Books.
4. Moser, K. & Schuler, H. 1993, Validität einer deutschsprachigen Involvement-Skala, Zeitschrift für Differentielle und Diagnostische Psychologie, 14, 27-36.
5. Ng, Th.W.H. & Feldman, D.C. 2008, The Relationship of Age to Ten Dimensions of Job Performance, Journal of Applied Psychology, 93, 392-423.
6. Richter, F. 2000, Methodik der Querschnittsuntersuchungen. In: B. Bergmann, A. Fritsch, P. Göpfert, F. Richter, B. Wardenjan & S. Wilczek (Hrsg.), Kompetenzentwicklung und Berufsarbeit. Münster: Waxmann, 55-131.
7. Richter, F. 2009, Einflussfaktoren auf den Erhalt beruflicher Handlungskompetenz über die Spanne des Erwerbslebens – Alter vs. Arbeitsgestaltung. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg.), Arbeit, Beschäftigungsfähigkeit und Produktivität im 21. Jahrhundert. Dortmund: GfA Press, 149-152.
8. Richter, F. & Wardenjan, B., 2000, Die Lernhaltigkeit der Arbeitsaufgabe - Entwicklung und Erprobung eines Fragebogens zu lernrelevanten Merkmalen der Arbeitsaufgabe (FLMA), Zeitschrift für Arbeitswissenschaft, 54, 175-183.
9. Schwarzer, R. 1994, Optimistische Kompetenzerwartung: Erfassung einer personellen Bewältigungsressource, Diagnostica, 40, 105-123.
10. Sonntag, K. & Schäfer-Rauser, U. 1993, Selbsteinschätzung beruflicher Kompetenzen bei der Evaluation von Bildungsmaßnahmen, Zeitschrift für Arbeits- und Organisationspsychologie, 37, 163-171.
11. Tuomi, K., Ilmarinen, J., Jahkola, A., Katojarinne, L. & Tulki, A. 1998, Work Ability Index. Helsinki: Finnish Institute of Occupational Health.
12. Van der Doef, M. & Maes, S. 1999. The job demand-control(-support) model and psychological well-being: A review of 20 years of empirical research, Work & Stress, 13, 87-114.

## Arbeitsprozessorientierte berufsbegleitende Hochschulweiterbildung für die Bereiche der Mikrotechnologien

Stefan BRÄMER, Thomas BRÄMER, Sören HIRSCH und Bertram SCHMIDT

*InnoProfile Projekte TEPROSA und INKA, Institut für Mikro- und Sensorsysteme,  
Lehrstuhl Mikrosystemtechnik, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg,  
Universitätsplatz 2, D-39106 Magdeburg*

**Kurzfassung:** Viele kleine und mittlere Unternehmen sehen in der Weiterbildung ihres vorhandenen Personalstammes, eine Chance dem anhaltenden Fachkräftemangel entgegenzuwirken. Hierfür fordern sie maßgeschneiderte Angebote, die durch ein hohes Maß an Individualität, Flexibilität und Durchlässigkeit gekennzeichnet sind. Der Beitrag beschreibt erste Arbeitsergebnisse der InnoProfile Projekte TEPROSA und INKA an der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg zur Konzeption und Entwicklung eines arbeitsprozessorientierten und berufsbegleitenden hochschulischen Weiterbildungsangebots für die Mikrotechnologien.

**Schlüsselwörter:** Mikrotechnologie, Arbeitsprozessorientierung, Berufsbegleitende Hochschulweiterbildung, Mikrosystemtechnik.

### 1. Einleitung

Mikrotechnologien sind Schlüsseltechnologien des 21. Jahrhunderts, mit deren Hilfe Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit zahlreicher alltäglicher Systeme erheblich gesteigert werden können. Sie ermöglichen neue Applikationen mit zusätzlich integrierten Funktionalitäten und tragen zu einer höheren Zuverlässigkeit und kostengünstigeren Herstellung bestehender Anwendungen bei. Von dieser Innovationskraft profitieren vor allem die Automobil-, Bio-, Elektronik-, Mess-, Analyse-, Kommunikations-, Verfahrens- und Medizintechnik.

Bereits 1998 sollte mit der Einführung des dualen Ausbildungsberufes „Mikrotechnologe“ mit den Schwerpunkten Halbleiter- und Mikrosystemtechnik die Basis für eine stabile Fachkräfteentwicklung im Bereich der Mikrotechnologien gelegt werden. Mikrotechnologien finden sich in wissensintensiven Branchen mit kurzen Innovationszyklen, wo die Halbwertszeiten von Wissen, Produkten und Technologien am geringsten sind. Dies in Verbindung mit steigendem Fachkräftebedarf und dem Mangel an qualifizierten Arbeitskräften stellt die Unternehmen vor große Herausforderungen, um mit den Entwicklungen des Marktes Schritt halten zu können. Die Erhaltung der Handlungsfähigkeit der Mitarbeiter ist an eine kontinuierliche Aktualisierung und Entwicklung ihrer Kompetenzen gebunden.

Das berufliche Anforderungsprofil für den (Wissens-) Facharbeiter von heute ist kein stetes sondern ein prozesshaftes. Sein berufliches Skill- und Mindset ist nicht fertig. Es muss sich dynamisch mit der fortschreitenden Wissensentwicklung aktualisieren und im Sinne des lebensbegleitenden Lernens entwickeln (BIBB 2008).

Vielen kleinen und mittleren Unternehmen fehlen eine durchgängige strategische und prospektiv innovationsorientierte Kompetenz- und Personalentwicklung sowie eine bedarfsorientierte systematische Qualifizierungsplanung. Oftmals sind sie ge-

zwungen ihren Qualifikationsbedarf sehr kurzfristig mit eigenen Mitarbeitern auszugleichen. Diese besitzen ein sehr hohes Wissenspotenzial, aber es fehlt ihnen häufig an den formellen Zugangsberechtigungen zur Hochschulweiterbildung. Einerseits existiert eine allgemeine Unzufriedenheit mit den Angeboten und Konzepten traditioneller Weiterbildungsanbieter, andererseits existieren wenige adäquate Studienmodelle auf Seiten der Hochschule, die eine effiziente berufsbegleitende Hochschulweiterbildung (Quartäre Bildung) ermöglichen.

Für die Zielgruppe der Facharbeiter, Meister und Techniker müssen passfähige, mit der beruflichen Tätigkeit vereinbare, Modelle entwickelt werden, welche vorhandene Kompetenzen, informelle Expertisen, Qualifikationen und Zertifikate einschließen, sich an täglichen Arbeitsprozessen orientieren sowie die vertikale und horizontale Durchlässigkeit zwischen den Bildungssektoren zulassen.

Der Beitrag beschreibt erste Arbeitsergebnisse und den aktuellen Stand der Forschungsarbeiten der InnoProfile Projekte TEPROSA und INKA zur Konzeption und Entwicklung eines berufsbegleitenden und arbeitsprozessorientierten Hochschulweiterbildungsangebots für die Mikrotechnologien. „TEPROSA, Technologieplattform für die Produktminiaturisierung in Sachsen-Anhalt“ und „INKA, Intelligente Katheter“ sind durch das BMBF („UnternehmenRegion“) geförderte Projekte an der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg.

## 2. Methode

Die Erhebung der Anforderungsprofile an hochschulische Weiterbildungsangebote für die Mikrotechnologien für die Zielgruppe der Facharbeiter, Meister und Techniker erfolgte mit einem Mix aus qualitativen (Dokumentenanalyse, Experteninterview, Strategie- und Kamingespräch, Gruppendiskussion, problemzentriertes Interview, leitfragengestütztes Interview) und quantitativen (Fragebogen) Methoden. Die Durchführung der Analyse erfolgte mit Vertretern der Unternehmensleitungen und Personalverantwortlichen von Unternehmen der Branchen Automobil-, Bio-, Elektronik-, Mess-, Analyse-, Kommunikations-, Verfahrens- und Medizintechnik aus Mitteldeutschland (Sachsen, Sachsen-Anhalt, Thüringen).

Die bisherigen Ergebnisse in den InnoProfile Projekten TEPROSA und INKA an der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg zeigen, dass dies ohne eine explizite Arbeitsprozessorientierung, Modularisierung, Individualisierung, Flexibilisierung und Nachhaltigkeit der Hochschulangebote nicht möglich ist.

## 3. Ergebnisse

Im Bereich der Facharbeiter-, Meister- und Technikerweiterbildung haben sich bereits Weiterbildungsträger etabliert, während die Hochschulen ihre Möglichkeiten in diesem Bereich entweder verkennen oder von den Unternehmen einfach nicht als Bildungsdienstleister wahrgenommen werden. So gaben z.B. knapp 88% der befragten Unternehmen an, dass sie im Weiterbildungsbereich bisher keine Erfahrungen in der Zusammenarbeit mit Hochschulen gesammelt haben.

Allerdings wird von Seiten der Unternehmen beklagt, dass es der traditionellen Weiterbildungslandschaft an zielgruppenspezifischen und flexiblen Angeboten fehle, um Inhalte glaubhaft, praxis- und handlungsorientiert zu vermitteln. Hochschulische Weiterbildungsangebote müssen sich nicht nur den inhaltlichen Herausforderungen

stellen, sondern zusätzlich eine, keinesfalls selbstverständliche, Vertrauensbasis zwischen dem Anbieter Hochschule und dem Nachfrager Unternehmen schaffen. Dies gilt vor allem dann, wenn sich Hochschulen in der traditionellen Weiterbildungslandschaft als kompetenter Weiterbildungsanbieter für die Zielgruppe der Facharbeiter, Meister und Techniker etablieren wollen.

Bereits aus den ersten Auswertungen der durchgeführten Erhebungen lassen sich folgende Schwerpunkte für die Anforderungsprofile an berufsbegleitende, hochschulische und mikrotechnologische Weiterbildungsangebote für die Facharbeiter-, Meister- und Technikerqualifizierung ableiten.

### *3.1 Arbeitsprozessorientierung*

Die Entwicklung von Handlungskompetenzen im beruflichen Umfeld sowie die Orientierung an praktischen und betrieblichen Arbeitszusammenhängen (Lernen im Prozess der Arbeit) sind der methodisch-didaktische Leitgedanke der berufsbegleitenden Hochschulweiterbildung für die Mikrotechnologien. In Anlehnung an das BMBF-Projekt APO-IT soll die Ausrichtung der Weiterbildung möglichst eng am Arbeitsprozess erfolgen, wobei im Idealfall Lern- und Arbeitsprozesse identisch sind (Rohs 2002b; Rogalla 2005). Das APO-IT Konzept verknüpft sowohl Arbeiten und Lernen als auch formelle und informelle Lernprozesse (Rohs 2002a). Die Definition der Lerninhalte erfolgt über die Identifizierung von relevanten Arbeitsprozessen, die für ein Berufsprofil prägend sind und mündet in einem arbeitsprozessorientierten Weiterbildungsrahmenlernplan mit entsprechenden mikrotechnologischen Referenzprojekten. Damit erfolgt die Strukturierung der Lerninhalte nicht fachsystematisch, sondern anhand von Referenzprozessen (prozessorientiertes Curriculum), die einen fachspezifischen Arbeitsprozess widerspiegeln (Rohs 2002b). Die Weiterbildung erfolgt in Vereinbarung mit dem Unternehmen über ein tätigkeitsbasiertes Arbeits- oder Entwicklungsprojekt (Transferprojekt) aus dem betrieblichen Umfeld des Teilnehmers, das dem Niveau, der Komplexität und der Vollständigkeit des Referenzprojekts entspricht.

Ausgangspunkte für die Entwicklung des APO-IT Konzepts waren die Mängel klassischer Weiterbildungen im IT-Bereich, wie z.B. Praxisnähe, Individualisierung, Aktualität, unzureichende Entwicklung von Selbstlernfähigkeiten oder Probleme bei der Vermittlung sozialer und methodischer Kompetenzen (Rohs & Mattauch 2001; Rohs 2002a; Grunwald & Rohs 2000). Die aufgezählten Faktoren lassen sich auch aus den Ergebnissen der Erhebungen für die Mikrotechnologien ableiten.

### *3.2 Individualisierung und Flexibilisierung*

Bereits im Vorfeld der Hochschulweiterbildung muss eine individualisierte Kompetenzbilanzierung des späteren Teilnehmers erfolgen, die eine Anrechnung bereits vorhandener beruflicher Kompetenzen und informeller Erfahrungen überprüft. Hieraus leitet sich anschließend eine teilnehmerspezifische Weiterbildungsroadmap ab, welche die individuelle (Berufs-) Bildungsbiografie sowie formelle und informelle Kompetenzen berücksichtigt (Hartmann & Stamm-Riemer 2006). Gleichzeitig muss der Abschluss einer trilateralen Weiterbildungsvereinbarung (Hochschule, Unternehmen, Teilnehmer) erfolgen, welche die Interessen aller beteiligten Parteien mit einschließt. Der Ansatz des hybriden Lernens (integriertes Lernen, Blended Learning) als Methodenmix garantiert eine sinnvolle methodisch-didaktische Verknüpfung von Präsenzblöcken und selbständigen E-Learning (Reinmann-Rothmeier 2003;



Sauter & Sauter 2002). Es erfolgt die Verknüpfung von klassischen Präsenzveranstaltungen mit dem virtuellem Lernen und Lehren auf der Basis neuer Informations- und Kommunikationstechnologien im Rahmen einer organisierten und durchgängig betreuten Weiterbildungsmaßnahme. Dies ermöglicht eine räumliche und zeitliche Flexibilisierung, da Lernmodule und -materialien den Teilnehmern jederzeit und überall zur Verfügung stehen.

### *3.3 Modularisierung und Nachhaltigkeit*

Alle hochschulischen Weiterbildungsangebote für die Mikrotechnologien sollen modular aufgebaut sein. Jedes einzelne Modul muss thematisch in sich geschlossen und einzeln zertifizierbar sein, damit dieses auf spätere berufsbegleitende Bachelor- und Masterstudiengänge sowie andere Weiterbildungs- und Qualifizierungsmaßnahmen anrechenbar sind. Gleichzeitig wird so ein höheres Maß an zeitlicher und organisatorischer Flexibilität erreicht. Je nach Bedarf lassen sich die einzelnen Module in den betrieblichen oder privaten Alltag integrieren und zeitlich individuell abarbeiten. Dies ermöglicht vor allem kleinen und mittleren Unternehmen eine gezielte Weiterbildung entlang ihrer betrieblichen Anforderungen und der entsprechenden Marktanforderungen.

Hochschulweiterbildung für die Mikrotechnologien muss sich in den Prozess des lebensbegleitenden Lernens entlang der gesamten (Berufs-) Bildungsbiographie einfügen und vor allem eine vertikale und horizontale Durchlässigkeit im Bildungssystem zwischen beruflicher und akademischer Bildung garantieren. Gleichzeitig ermöglichen der Methodenmix des hybriden Lernens und die Forderung nach einer berufsbegleitenden Arbeitsprozessorientierung der Hochschulweiterbildung eine Verbesserung der individuellen Life-Domain-Balance.

## **4. Literatur**

1. Bundesinstitut für Berufsbildung (BIBB) 2008, Betriebliche Weiterbildung in Deutschland: Erste ausgewählte Ergebnisse der CVTS3-Zusatzerhebung. Bonn
2. Grunwald, S. & Rohs, M. 2000, Arbeitsprozessorientierung in der IT-Weiterbildung, Berufsbildung und Wissenschaft und Praxis (BWP), 29, Nr. 6, 28-30.
3. Hartmann, E.A. & Stamm-Riemer, I. 2006, Die BMBF-Initiative „Anrechnung beruflicher Kompetenzen auf Hochschulstudiengänge“ – Ein Beitrag zur Durchlässigkeit des deutschen Bildungssystems und zum Lebenslangen Lernen, Hochschule und Weiterbildung, 1/2006. 52-60.
4. Rogalla, I. 2005, APO-IT: Arbeitsprozessorientierte Weiterbildung in der IT-Branche. Berlin: ISST.
5. Rohs, M. (Hrsg.) 2002a, Arbeitsprozessorientiertes Lernen. Neue Ansätze für die berufliche Bildung. Münster: Waxmann Verlag.
6. Rohs, M. (Hrsg.) 2002b, Arbeitsprozessorientierte Weiterbildung in der IT-Branche – APO: Ein Gesamtkonzept zur Verbindung informeller und formeller Lernprozesse. In: M. Rohs (Hrsg.), Arbeitsprozessorientiertes Lernen. Neue Ansätze für die berufliche Bildung. Münster: Waxmann Verlag, S. 75-94.
7. Rohs, M. & Mattauch, W. 2001, Konzeptionelle Grundlagen der arbeitsprozessorientierten Weiterbildung in der IT-Branche, ISST-Bericht 59/01. Dortmund: ISST.
8. Reinmann-Rothmeier, G. 2003, Didaktische Innovation durch Blended Learning. Leitlinien anhand eines Beispiels aus der Hochschule. Bern. Huber.
9. Sauter, A. & Sauter, W. 2002, Blended Learning. Effiziente Integration von E-Learning und Präsenztraining. Neuwied: Luchterhand.



# Kompetenzermittlung und -erweiterung als Basis lebenslangen Lernens – unter besonderer Berücksichtigung informell erworbener Kompetenzen

Franz J. HEEG

*arbeitswissenschaftliches institut bremen (aib), Universität Bremen,  
Hochschulring 40, D-28359 Bremen*

**Kurzfassung:** Lebenslanges Lernen und die damit verbundenen formal und informell erworbenen Kompetenzen bedingen zur Anerkennung in Aus-, Fort- und Weiterbildung eine spezifizierte Bewertung. Ein Verfahren hierfür wird vorgestellt, bei dem die zur erfolgreichen Bewältigung von relevanten, schwierigen Arbeitssituationen o. ä. durchgeführte Handlungen ermittelt, in Teilhandlungen gegliedert und über konkret messbare bzw. beobachtbare verlaufs- und ergebnisbezogene Merkmale spezifiziert werden. Angewendet auf entsprechende Prüfungs-/Probehandlungen verschiedener Art erhält man ein Instrument zur Erfassung und Beurteilung der vorhandenen Kompetenzen. Die Anwendungsbereiche dieses Verfahrens sind vielfältig und umfassen auch innerbetriebliche Vergleiche zur Best-practice-Ermittlung, eine systematische Personal- und Führungskräfteentwicklung und die Entwicklung und Durchführung von Kompetenzentwicklungsmaßnahmen.

**Schlüsselwörter:** Kompetenzermittlung, affektiv-assoziative Kompetenzanteile, Systemspiel, Handlungskompetenz.

## 1. Einleitung

Lebenslanges Lernen basiert auf dem Erwerb, der Anwendung und der Reflexion von formal und informell erworbenen Kompetenzen. Kompetenzen seien hier in Anlehnung an verschiedene Autoren, insbesondere auch das Modell der Praxis der beruflichen Bildung (z. B. Erpenbeck & von Rosenstiel 2007) gegliedert wie in Abbildung 1 gezeigt. Diese Grobgliederung lässt sich in verschiedener Art und Weise feingliedern, was hier an Hand der jeweiligen konkreten Aufgabendefinitionen bzw. der Rollenbeschreibungen mit Aufgaben und Anforderungen bzw. von situativen Aktivitäten von Personen (Individuen und Gruppen) erfolgen soll.

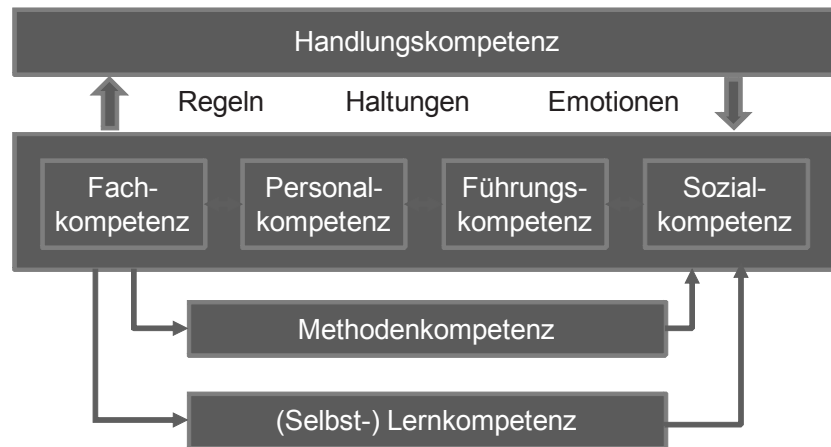
Die für die jeweils relevanten Tätigkeitsbereiche wesentlichen Handlungen, zugeordnete erfassbare Merkmale der Handlungsdurchführung und der erzielten Ergebnisse und der Merkmalsausprägungen in Skalenform (Performanz), dienen als Basis der Kompetenzfeingliederung und letztlich auch Zuordnung zu dem vorstehenden Grobkonzept.

## 2. Methode

### 2.1 Von Tätigkeiten und Anforderungen über Handlungen zu Kompetenzen

Je nach Fragestellung werden die relevanten Tätigkeitsbereiche bzw. Probleman-

forderungen erhoben bzw. definiert. Dies erfolgt entweder mit den Rolleninhabern bzw. Experten für die Tätigkeit in Form von Einzelinterviews, oder gruppenbezogenen Interviews, wobei über die gesamte Bandbreite der Fragetechniken hinausgehend weitere Techniken eingesetzt werden können, z. B. Kreativitätstechniken wie Morphologischer Kasten oder Tetralemma-Aufstellungen sowie Strukturierungstechniken wie Systemaufstellungen.



**Abbildung 1:** Kompetenzgliederung

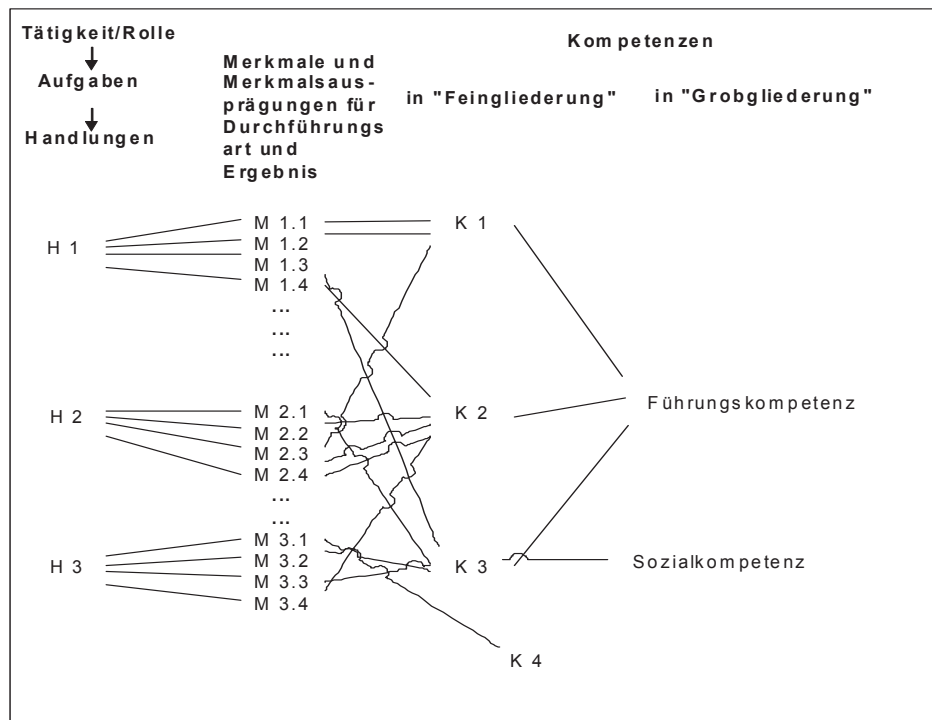
Zu den bedeutsamsten oder schwierigsten (als besonders schwierig empfundene) Bereichen (Aufgaben, Anforderungen) werden die Handlungen sowie deren zeitlogische Abfolge ermittelt. Dies erfolgt ähnlich wie für die Tätigkeitsbereiche, jedoch werden hier „Best-Practice-Vorgehensweisen“ bzw. „Sollhandlungen und – handlungsfolgen“ gezielt einbezogen (z. B. über Techniken wie Timeline, verknüpft mit der Anwendung systemischer Fragen).

Diese Handlungsfolgen werden in Prozess-Form visualisiert, wobei die Ergebnisse der einzelnen Handlungen sowie die Voraussetzungen zur Ermöglichung der Handlungsdurchführung detailliert ermittelt und beschrieben werden.

Die konkret „fassbaren“ Merkmale und Merkmalsausprägungen für diese Ergebnisse werden festgelegt. Hierbei werden die Merkmale und ihre Ausprägungen (Skalenunterteilung) so definiert, dass sie entweder messbar (bei quantitativen Größen) oder objektiviert beobachtbar (möglichst interpretationsfrei) und gut unterscheidbar sind (bei qualitativen und halb-quantitativen Größen). Analog werden Merkmale und ihre Ausprägungen für die Beschreibung der Art und Weise der Handlungsdurchführung festgelegt. Wichtig ist hierbei auch die Einbeziehung von regel-, haltungs- und emotionsabhängigen Merkmals-Größen, da diese maßgeblich das „wie“ der Aufgabendurchführung bestimmen – (affektiv-assoziative Kompetenzanteile). Diese Modellierung der Handlungen und Teilhandlungen kann nur von inhaltlich kundigen und erfahrenen Personen durchgeführt werden, unterstützt in der Reflexion durch methodisch versierte Personen („Wissensakquisition“).

Die Merkmale (und ihre Ausprägungen) bilden als Ganzes die Performanz und können nun zugeordnet werden zu Teilkompetenzen (Feingliederung in Abbildung 2) und Kompetenzen bzw. „Kompetenzarten“ (Grobgliederung in Abbildung 2).

Als Werkzeuge zur Unterstützung sowie Verifizierung dieser Definitionsarbeit stehen u. a. statistische Verfahren zur Ermittlung von Trennschärfe und Schwierigkeitsgrad der Merkmale (z. B. Lienert 1998) und die Faktorenanalyse zur Verfügung.



**Abbildung 2:** Kompetenzermittlung – von Handlungen ausgehend – im Überblick

## 2.2 Kompetenzermittlung in realen beruflichen Situationen und in Probe-/Prüfungssituationen

Ermittelt oder konstruiert man nun arbeitsbezogene (relevante) Situationen, in denen man die im ersten Schritt definierten Merkmale beobachten bzw. messen kann, so können diese Situationen bei der die Arbeit erledigende Person zur Erfassung ihrer jeweiligen (Teil-)Kompetenz-Ausprägungen dienen. Die Beobachtung der Aufgabenerledigung, der Durchführung der jeweiligen Handlungen usw. kann dabei direkt erfolgen oder/und im Nachgang durch Auswertung von Videoaufnahmen.

Die Probeaufgaben können in vielfältiger Form entwickelt und eingesetzt werden – von in Einzelarbeit durchzuführenden Aufgaben bis hin zur Mitwirkung als Akteure (Rollenträger) in Systemspielen. Unter einem Systemspiel soll hier ein komplexes, interaktives, multipersonales Rollenspiel verstanden werden, bei dem zu fachlich-inhaltlichen Aufgaben in Wechselwirkung mit beziehungs- und haltungsrelevanten Aspekten selbstorganisiert Lösungen (Ergebnisse) entwickelt werden sollen.

Wesentlich ist hierbei aus durchführungsökonomischen Gründen, dass bei möglichst vielen agierenden Personen die relevanten Merkmale ermittelt werden können (Frage der Rollengestaltung und der Vorgaben zu den Aufgaben im Rollenspiel) und nicht nur bei einer Person oder weniger Personen.

## 3. Ergebnisse

Eine weitere Nutzungsmöglichkeit des Verfahrens – über die Kompetenzermittlung für Qualifizierungsmaßnahmen hinaus – besteht in der Einbeziehung derartiger Verfahren zur Bestimmung der erforderlichen (als sinnvoll und nützlich erachteten) Kompetenzen von betrieblichen Rollenträgern, z. B. im Projektmanagement (Projektleiter, Lenkungsausschuss-Mitglieder usw.), von Führungskräften aller Hierarchie-

ebenen und von Fachkräften (Spezialisten für bestimmte Aufgabengebiete). Dies leitet dann auch über zum nächsten Anwendungsgebiet, der betrieblichen Personalentwicklung und Führungskräfteentwicklung.

Die Einbeziehung des hier in aller Kürze vorgestellten Verfahrens in Aus- und Weiterbildungs-Maßnahmen bringt den Teilnehmer/-innen viele Erkenntnisse über ihre eigenen Kompetenzen. Darüber hinaus jedoch auch bezüglich ihrer Sicht auf die Anforderungen an die Aufgabenerfüllung seitens des Unternehmens usw. In Qualifizierungsmaßnahmen kann die Vorgehensweise auf zwei Wegen eingebracht werden: erstens als Test zu den vorhergehend vermittelten und erprobten Inhalten (und spezifizierter Rückmeldung an die Teilnehmer/-innen sowie gemeinsamer Erarbeitung von Änderungsmöglichkeiten an den jeweiligen Handlungen), zweitens als Verfahren, das die Teilnehmer/-innen anwenden auf eigene Aufgabengebiete und – in der Regel dann in Kurzform, da das Verständnis der Zusammenhänge hierbei im Vordergrund steht) – auch in der Realität erproben. Hieran schließt sich die Nutzung als Instrument zu einem fundierten kontinuierlichen Verbesserungsprozess an.

Einige wenige Beispiele für Merkmale und deren Ausprägungen sollen einen exemplarischen Einblick in das Verfahren bieten (vgl. Tabelle 1).

Erprobt wird das Verfahren z. Zt. in einem Projekt des BMBF für den Bereich des Industriemeisters Mechatronik (Heeg et.al. 2008).

**Tabelle 1:** Beispiele für Merkmale und Merkmalsausprägungen zur Bewertung von Gesprächen zwischen Vorgesetzten und Mitarbeitern

<b>Gesprächseinleitung</b>				
Der Vorgesetzte macht Vorwürfe.	Der Anlass wird vom Vorgesetzten genannt, ohne den Rahmen zu erläutern.	Der Anlass und Rahmen werden vom Vorgesetzten erläutert, wichtige Informationen fehlen.	Der Anlass und Rahmen werden vom Vorgesetzten erläutert.	Der Anlass und der Rahmen werden mit Bezug auf diesbezügliche Unterlagen vom Vorgesetzten erläutert.
<b>Mögliches Vorgehen zur Problemlösung</b>				
Deutliche Vorgabe eines Vorgehens. Äußerungen des Mitarbeiters werden nicht gehört und nicht berücksichtigt.	Deutliche Vorgabe eines Vorgehens. Äußerungen des Mitarbeiters werden gehört aber nicht berücksichtigt.	Vorgehensalternative wird gemeinschaftlich erarbeitet.	Vorgehensalternative wird gemeinschaftlich erarbeitet. MA wird zur Lösungsfindung aufgefordert.	Mehrere Vorgehensalternativen werden gemeinschaftlich erarbeitet und bewertet.
<b>Gefühlsmäßige Gesamtbeurteilung durch den/die Beobachter/-in</b>				
Überwiegend schlechtes (negatives) Gefühl über den gesamten Zeitraum.	Überwiegend negatives Gefühl (deutlich größer als 60% der Zeit) mit wenigen gefühlsmäßig positiven Zeiten.	Positive und negative Gefühle ungefähr gleichverteilt.	Überwiegend positives Gefühl (deutlich größer als 60% der Zeit) mit wenigen negativ gefühlten Zeiten.	Gutes (positives) Gefühl über den gesamten Zeitraum.

#### 4. Literatur

1. Erpenbeck, J. & von Rosenstiel, L. 2007, Handbuch Kompetenzmessung: Erkennen, verstehen und bewerten von Kompetenzen in der betrieblichen und psychologischen Praxis. Stuttgart: Schäffer Poeschel.
2. Lienert, G. A. 1998, Testaufbau und Testanalyse. Weinheim: Psychologie Verlagsunion.
3. Heeg, F.J., Degner, T., Geib, A., Schinke, K. & Sperga, M. 2008, Entwicklung eines Leistungspunktesystems in der beruflichen Bildung im Anwendungsfeld Mechatronik – Kurztitel LeisGIM. In: Bundesministerium für Bildung und Forschung - BMBF (Hrsg.), Entwicklung eines Leistungspunktesystems in der beruflichen Bildung, Dokumentation der Auftaktveranstaltung der BMBF-Pilotinitiative, 19.-20 Februar 2008 in Berlin. Bonn: Bertelsmann.

# Erfassung der Effekte von Bildungsmaßnahmen aus bildungsökonomischer Perspektive – Chancen und Grenzen

Claudia KORING

*Institut für Technik und Bildung, Universität Bremen,  
Am Fallturm 1, D-28359 Bremen*

**Kurzfassung:** Ausgehend von bildungsökonomischen Annahmen werden die Herausforderungen, die sich bezüglich empirischer Wirkungsforschungen zu Bildungsaktivitäten ergeben, dargestellt. Im Mittelpunkt steht die Erfassung der institutionellen Effizienz und die Möglichkeiten der Operationalisierung der Kategorie „Ertrag“.

**Schlüsselwörter:** Bildungsökonomie, Humankapital, Kosten-Nutzen-Analysen, Bildungserträge.

## 1. Einleitung

Im vorliegenden Beitrag geht es um die Herausforderungen, die sich bei der Frage nach den Effekten beruflicher Bildungsmaßnahmen stellen. Untersucht wird diese Frage aus einer bildungsökonomischen Perspektive. Grundlegend dafür ist die Annahme, dass Bildung und Lernen als Investitionen aufgefasst werden. Die maßgeblich durch Bildungsaktivitäten aufgebaute Menge an Fähigkeiten und Kompetenzen von ökonomischem Wert wird als Humankapital definiert (vgl. Cohn & Geseke 1990).

Um die Effekte von Bildungsmaßnahmen unter bildungsökonomischer Perspektive zu erfassen, ist es notwendig zu klären, was unter Kosten und Erträgen zu verstehen ist. Aus welchen Dimensionen setzen sich diese zusammen und welches methodische Design ist Ziel führend zur empirischen Erfassung? Dabei können volkswirtschaftliche oder gesellschaftliche (externe Effizienz), institutionelle bzw. betriebswirtschaftliche (interne Effizienz) oder individuellen Effekte untersucht werden (vgl. Hummelsheim & Timmermann 2009).

Im Zentrum dieses Beitrags steht die Analyse der Chancen und Grenzen, die sich bezüglich empirischer Wirkungsforschungen zur internen Effizienz von Bildungsmaßnahmen ergeben. Besondere Aufmerksamkeit kommt der Kategorie „Ertrag“ von Bildungsinvestitionen zu.

## 2. Bildungsökonomische Kosten-Nutzen-Ansätze in der Beruflichen Bildung

Da die Gewinnerwartung für eine Investition konstitutiv ist, hängt aus Sicht der Bildungsökonomie der Anreiz zur Umsetzung von Bildungsprozessen eng mit der Rendite zusammen. „[...] betrachtet man Bildung als Investitionsprozess, der mit dem Ziel einer wirtschaftlichen Verwertung durchgeführt wird, dann wird die Bildungsentcheidung vom Renditekalkül bestimmt“ (Schettkat 2002, S. 617). Demnach besteht Anreiz zu Bildungsinvestitionen, wenn die diskontierten zukünftigen Erträge die investierten Kosten der Investitionsphase überschreiten (vgl. Schettkat 2002, S. 617).

Die Produktivitätsthese als ein Kerntheorie der Humankapitaltheorie (HKT) besagt, dass insbesondere formalisierte Bildungsprozesse Fähigkeiten und Kompetenzen

der Lernenden dergestalt verändern, dass Individuen leistungsfähiger in wirtschaftsrelevantem Handeln werden (vgl. z. B. Cohn & Geseke 1990). Es wird eine direkte Kausalität zwischen Qualifikation, Leistungsfähigkeit und Arbeitsmarkterfolg angenommen. Diese Annahme setzt das Modell perfekter Märkte voraus und ist starker Kritik ausgesetzt, die in verschiedenen Theorierivalen ihren Ausdruck findet (z. B. Filtertheorie, Arbeitsplatzwettbewerbstheorie).

Wesentlich ist, dass Erhebungen weltweit einen Zusammenhang zwischen Bildung und Wirtschaftswachstum und Bildung und Wohlstand herstellen: Investitionen in Bildung erzielen einen privaten und gesellschaftlichen Mehrwert (vgl. z. B. de la Fuente et al. 2002; OECD 2005). Die Relevanz von Bildung für moderne Wirtschaftsnationen mit hoher Wissensanreicherung gilt als unbestritten. „Diskutiert wird nicht das Ob eines Einflusses von Bildung auf die technologische und ökonomische Leistungsfähigkeit einer Volkswirtschaft, sondern das Wie und dessen Größenordnung“ (Dohmen et al. 2006, S. 18).

Die empirischen Untersuchungen zu den Interdependenzen zwischen Bildung, Leistungssteigerung und gesellschaftlichen, betrieblichen und privaten Erträgen lassen jedoch eine Reihe von methodischen Schwierigkeiten deutlich werden. Häufig werden in Untersuchungen nur Inputmaße formaler Qualifikationsprozesse ermittelt und verglichen (Kostenwertansatz) (vgl. Schettkat 2002). Fließt der Ertrag in die Analysen mit ein (Ertragswertansatz), werden die messtechnischen Anforderungen wesentlich komplexer (vgl. Hummelsheim & Timmermann 2009). Die Effekte von Bildungsaktivitäten sind nicht direkt beobacht- und messbar, sondern müssen über Indikatoren angenähert werden (vgl. Dohmen et al. 2006).

## *2.1 Dimension Kosten*

Die theoretischen Grundlagen zur Erfassung der betrieblichen und individuellen Bildungskosten haben „einen sehr elaborierten Zustand erreicht“ (Hummelsheim & Timmermann 2009, S. 94) und beziehen sich v.a. auf betriebswirtschaftliche Kosten- und Controllingtheorien (vgl. Cohn & Geseke 1990).

Zu den Bildungskosten zählen alle durch die Entwicklung, Planung, Durchführung, Nachbereitung, Evaluation etc. anfallenden Personal- und Sachkosten. Dabei fließen je nach Untersuchung Opportunitätskosten in Form von entgangenem Arbeitsausfall ein. Opportunitätskosten nehmen häufig den größten Anteil der Kosten ein, was zu kontroversen Diskussionen über die tatsächliche Kostenbelastung führt. Dem Umstand, dass Bildungsaktivitäten sowohl einen Konsum- als auch einen Investitionsaspekt haben wird im Rahmen einer ökonomischen Analyse nicht Rechnung getragen, sondern den gesamten Bildungsaufwendungen Investitionscharakter zugesprochen und die Konsumkomponente als kostenloses „Kuppelprodukt“ betrachtet.

## *2.2 Dimension Nutzen*

Die sensibelste Variable bezüglich Kosten-Ertrags-Analysen ist die Kategorie „Nutzen“. Die Nutzendimensionen können definiert werden als Wirkungen, die während oder im Anschluss an Bildungsaktivitäten auftreten. Der Nutzenbegriff schließt auch subjektive Nutzenempfindungen mit ein. Um Nutzeneffekte von den messbaren Effekten zu isolieren, wird eine analytische Unterscheidung zwischen Nutzen und Ertrag vorgenommen. Der Nutzenbegriff inkludiert jegliche materiellen und immateriellen Effekte, der Ertrag meint demgegenüber eine außersubjektive, institutionelle Ressourcenvermehrung und umfasst die erfass- und bewertbaren Effekte von Bil-



dungsaktivitäten. Die Erträge stellen somit eine Teilmenge des gesamten Nutzens dar (vgl. Hummelsheim & Timmermann 2009).

Bei Analysen zur internen Effizienz kommen Produktivitätsanalysen, institutionelle Effizienzmessungsanalysen oder Kosten-Wirksamkeits-Analysen zum Einsatz, allerdings ist die empirische Evidenz unzureichend. Hummelsheim & Timmermann resümieren, dass „die meisten beobachtbaren Wirkungstypen bislang in erster Linie nur bei den Individuen oder der Gesellschaft und in deutlich geringerem Umfang bei den Institutionen erfasst worden sind“ (Hummelsheim & Timmermann 2009, S. 96).

Die methodischen Probleme liegen darin, dass Effekte schwierig zu operationalisieren, zu messen, zu bewerten und zuzurechnen sind. Für den Einsatz von Qualifikationen können keine exakt abzuschätzenden Rahmenbedingungen definiert werden. Wesentliche Unsicherheitsfaktoren sind die Verwertungsdauer und viele mögliche Externalitäten, was die Isolierung von Effekten erschwert (vgl. Dohmen et al. 2006).

Innerhalb der Berufsbildungsforschung führt das Bundesinstitut für Berufsbildung (BIBB) regelmäßig Untersuchungen zur internen Effizienz der Berufsbildung in Deutschland durch. Methodisch werden die Erträge der Ausbildung über Opportunitätsenerträge in Form von eingesparten Personalgewinnungskosten abgebildet sowie über produktive Arbeitszeiten der Auszubildenden. Der produktive Ertrag ergibt sich aus dem Tätigkeitsumfang des Auszubildenden gekoppelt mit dem Tätigkeitsniveau, welches anhand der Entlohnung einer regulären Arbeitskraft monetär bewertet wird (Äquivalenzprinzip) (vgl. Wenzelmann et al. 2009).

Die Effekte von Bildungsmaßnahmen auf die Arbeitsleistung sind ein zentraler Parameter bei Ertragsanalysen. Zur Bestimmung der Standardabweichung von Arbeitsleistung ist eine Kombination aus objektiven und subjektiven Schätzverfahren Ziel führend. Bei ersteren wird die Arbeitsleistung über Leistungsdaten erfasst und die Indikatoren Produktivität, Kosten, Zeit und Qualität durch verschiedene Parameter abgebildet (vgl. Phillips & Schirmer 2008).

Individuelle Schätzverfahren greifen auf subjektive Leistungsbeurteilungsmaße zurück. Dabei wird eine Arbeitstätigkeit in verschiedene Aktivitäten zergliedert, diese werden nach Wichtigkeit und Häufigkeit bewertet und unter Zuhilfenahme des Gehaltes ein Geldwert zugeordnet (Cascio & Ramos 1986). Die Kopplung von Gehalt und Tätigkeitsdimensionen ermöglicht eine Zuordnung des Geldwertes je Mitarbeiter. Den Verfahren ist gemeinsam, dass das Gehalt als Indikator für Arbeitsleistung einbezogen wird, wodurch die Arbeitsleistung in der Regel unterschätzt wird (vgl. Süßmair 2006). Als Verfahren zur Veränderungsmessung durch Bildungseffekte können sie jedoch hilfreiche Indikatoren liefern. Der Vorteil dieser sehr aufwendigen Verfahren liegt in einer qualitativ hochwertigen Auseinandersetzung mit dem Arbeitsfeld, wodurch eine starke Annäherung an Effekte von Bildungsmaßnahmen erreicht werden kann.

Als immaterielle Dimensionen gelten u. a. Arbeitsklima, Kundenzufriedenheit, Einstellung zur Arbeit, welche wiederum durch Parameter operationalisiert werden. Als Verfahren zur Konvertierung der immateriellen Werte in monetäre Bewertungen wird je Parameter nach Möglichkeit ein monetärer Basiswert bestimmt und zu einem definierten Zeitpunkt nach der Bildungsmaßnahme die Veränderungen des Parameters ermittelt (vgl. Phillips & Schirmer 2008). Erträge können in diesem Zusammenhang nur definiert werden als Effekte auf betriebliche Indikatoren, die der Bewertung zugänglich sind. Damit werden z. B. Reputationsgewinn für das Unternehmen, Wertschätzung, Identifizierung und Motivation der Mitarbeiter nicht oder nur in Teilen (Auswirkungen auf Fehlzeiten und Fluktuation) abgebildet.

### 3. Potenzial bildungsökonomischer Analysen in der Beruflichen Bildung

Es bestehen vielfältige Grenzen bei einer bildungsökonomischen Bewertung der Effekte von Bildungsmaßnahmen vor allem im Bereich der Erfassung der Erträge. Inwiefern Bildungsmaßnahmen verantwortlich sind für Veränderungen, die nach den Bildungsmaßnahmen eintreten, ist nicht vollständig zu kontrollieren. Die Komplexität des Untersuchungsfeldes bedingt, dass nur durch indirekte Untersuchungszugänge über Annäherungswerte die (Ertrags-)Dimensionen erschlossen werden können.

Bildungsökonomische Wirkungsforschungen bergen aber die Möglichkeit, Zusammenhänge transparent zu machen und Orientierungshilfen bei Entscheidungssituationen zu geben. Kosten-Ertrags-Analysen können Informationen zu den Effekten von Lernformen bereitstellen und Hinweise zur Gestaltung von Lernumgebungen liefern. Gerade diese Verbindung von pädagogischen und ökonomischen Kategorien stellt eine komplementäre Perspektive zu anderen Forschungsansätzen dar.

Die Herausforderung besteht vor allem in der empirischen Fundierung der Ertragsdimension. Qualitative Forschungsansätze bieten die Chance, die bestehenden Ansätze methodisch zu erweitern und bezüglich der Erträge von Bildungsinvestitionen weitergehende Erkenntnisse zu liefern. Die Alternative Kosten-Ertrags-Analysen gar nicht durchzuführen birgt zudem die Gefahr, dass bei den Ausgaben für Bildung nicht der investive, sondern der Kostenaspekt dominiert, und Bildung damit nicht die Bedeutung und Wertschätzung zukommt, die ihr gebührt.

### 4. Literatur

1. Cascio, W.F. & Ramos, R.A. 1986, Development and application of a new method for assessing performance in behavioral/economic terms, *Journal of Applied Psychology*, 71, 20-28.
2. Cohn, E. & Geske, T.G. 1990, The Cost of Education. In: E. Cohn & T.G. Geske (Hrsg.), *The Economics of Education*, 3rd edition. Oxford: Pergamon Press, S. 70-93.
3. De la Fuente, A. & Ciccone, A. 2002, Humankapital in der wissensbasierten globalen Wirtschaft. Abschlussbericht, Europäische Kommission, Generaldirektion Beschäftigung und Soziales. Brüssel.
4. Dohmen, D., Fuchs, K. & Himpele, K. 2006, Bildung, externe Effekte, technologische Leistungsfähigkeit und Wirtschaftswachstum. In: Forschungsinstitut für Bildungs- und Sozialökonomie (Hrsg.), *Studien zum deutschen Innovationssystem*, 13. Köln: FIBS.
5. OECD 2005, Bildung auf einen Blick. Zentrum für Forschung und Innovation im Bildungswesen, Indikatoren für Bildungssysteme. OECD-Indikatoren. Bielefeld: wbv.
6. Phillips, J.J. & Schirmer, F.C. 2008, Return on Investment in der Personalentwicklung. Der 5-Stufen-Evaluationsprozess. Berlin: Springer.
7. Schettkat, R. 2002, Bildung und Wirtschaftswachstum, IAB. Nürnberg, Mitteilungen aus der Arbeitsmarkt- und Berufsforschung, 4.
8. Süßmair, A. & Rowold, J. (Hrsg.) 2007, Kosten-Nutzen-Analyse und Human Resources (HR). Weinheim: Beltz.
9. Wenzelmann, F., Schönfeld, G., Pfeifer, H. & Dionisius, R. 2009, Betriebliche Berufsausbildung: Eine lohnende Investition für die Betriebe, BIBB Report, 8. Bonn.

## Lebenslanges Lernen im Unternehmen – ein Best-Practice-Beispiel

Hermann MITTERHOFER, Maria STIPPLER und Stefanie GROPE

*Institut für psychosoziale Intervention und Kommunikationsforschung,  
Universität Innsbruck, Schöpfstr. 3, A-6020 Innsbruck*

**Kurzfassung:** Das Wissen und die Kompetenzen der MitarbeiterInnen werden von Unternehmen häufig nur unzureichend genutzt, wichtiges Wettbewerbspotenzial geht so verloren. Anhand eines konkreten Beispiels wird gezeigt, dass durch die Verankerung von formalem und informalem Lernen in der Unternehmenskultur Wissenstransfer gefördert und Wissen nutzbar gemacht werden kann, aber es werden auch mögliche Grenzen aufgezeigt.

**Schlüsselwörter:** demographischer Wandel, Lebenslanges Lernen, ältere ArbeitnehmerInnen, Wissenstransfer.

### 1. Einleitung

Der demografische Wandel führt innerbetrieblich zu einem erhöhten Durchschnittsalter der Beschäftigten und zu drei Generationen umfassenden Belegschaften (vgl. Seitz 2004; Biffl 2004; Höpflinger 2007; Buck et al. 2002).

Hinzu kommt, dass Unternehmen vor dem Hintergrund der Globalisierung zunehmend gefordert sind, innovative Produkte immer schneller, flexibler und kostengünstiger anzubieten. Einen wichtigen Wettbewerbsvorteil stellt die optimale Nutzung von Wissen und Kompetenzen der MitarbeiterInnen dar. Dies vor allem deshalb, weil Wissen vielfach implizit ist und daher nicht einfach formulierbar bzw. reproduzierbar ist. Zur Frage des Lernens und des Wissenstransfers von implizitem Wissen gelten für Klein- und Mittelunternehmen (KMUs) dieselben Herausforderungen, aber nicht dieselben Bedingungen, wie für Großunternehmen (vgl. Lamieri & North 2001). So verfügen KMUs meist nur über begrenzte personelle Kapazitäten für diese Aufgaben (vgl. Hamel 2006). Daher ist es für diese Unternehmen besonders wichtig, dass Wissensmanagement in der täglichen Praxis stattfindet – idealerweise als „Wissensbewusstsein“ im Arbeitsalltag. Dieses Bewusstsein muss jedoch in der Unternehmenskultur verankert sein (vgl. Geldermann 2006; Brauner & Becker 2005).

Laut EQUAL-Bericht der EU werden das Wissen und die Kompetenzen der Angestellten in Unternehmen allerdings nicht ausgeschöpft (Europäische Gemeinschaften 2005). Ältere ArbeitnehmerInnen werden häufig mit Vorurteilen konfrontiert: So wird ihnen eine geringere Belastbarkeit, eine geringere Lernfähigkeit, geringeres Innovationspotenzial, geringere Kreativität, geringere Flexibilität, geringere Leistungsfähigkeit, geringe Dynamik und geringere Anpassungsfähigkeit unterstellt. Ihr Wissen wird als veraltet angesehen. Dies kann eine Ausgrenzung vom Arbeitsmarkt als auch eine Benachteiligung im Unternehmen zur Folge haben (vgl. Deller et al 2008; Laschalt & Möller 2005; Bender 2007; Rump 2008; Berkowski & Dievernich 2008; Heinze & Naegele 2008). Aber selbst dort, wo bei Personalverantwortlichen positive Altersbilder anzutreffen sind, muss sich das nicht notwendig positiv für die älteren ArbeitnehmerInnen auswirken (Backes-Gellner 2009). In einer 2002 durchgeführten Umfrage, an der mehr als 16 000 Betriebe teilnahmen (Bellmann 2006), zeigte sich deut-

lich ein Nichtübereinstimmen von subjektiven Altersbildern von Personalverantwortlichen mit ihren realen Entscheidungen und den betrieblichen Beschäftigungsstrukturen: So kamen beispielsweise bei der Besetzung neuer Stellen nur in 12% der Fälle ältere ArbeitnehmerInnen zum Zuge (Backes-Gellner 2009). Aber auch jüngere ArbeitnehmerInnen haben am Arbeitsmarkt zu kämpfen, da es ihnen, so eine häufige getätigte Äußerung, an Erfahrung mangle (Argyris 2006; Lave & Wenger 1991; Nelson & Winter 1982).

Damit der Wissenstransfer und das Lernen im Betrieb möglichst optimal funktionieren können, sind zwei notwendige Voraussetzungen von Bedeutung (vgl. Berkowski & Dievernich 2008):

- Formales Lernen in Form von Weiterbildungen muss für MitarbeiterInnen jeden Alters zugänglich sein. Insbesondere die gängige Praxis, nicht mehr in die Weiterbildung von älteren ArbeitnehmerInnen zu investieren, kann zu einer Abnahme der Beschäftigungsfähigkeit dieser ArbeitnehmerInnengruppe führen (vgl. Berkowski & Dievernich 2008). Bieten Unternehmen gezielte Fortbildungen für ältere MitarbeiterInnen an, die dem Lernstil der TeilnehmerInnen angemessen sind, kann auch zugleich das Stereotyp der lernunwilligen bzw. lernunfähigen Älteren widerlegt werden (Staudinger & Noack 2009).
- Enorme Bedeutung kommt dem informellen Lernen am Arbeitsplatz zu, insbesondere dem Transfer von implizitem Wissen zwischen den Generationen (Bender 2007; Krenn 2001). Damit kann zum einen durch den Wissenstransfer von Alt nach Jung der Gefahr des Wissensverlusts durch das Ausscheiden langjähriger MitarbeiterInnen vorgebeugt werden (vgl. Dunczyk et al. 2008). Gleichzeitig fördert die umgekehrte Richtung, die Wissensweitergabe von Jung nach Alt, das Innovationspotenzial des Unternehmens. Alt und Jung haben, so bringt es Suckale (2009) auf den Punkt, komplementäre, nicht aber konkurrierende Wissensbestände. Wie Beispiele von altersgemischten Teams oder individuelle Tandemlösungen zeigen, entfaltet sich anstelle des gegenseitigen Ausspielens ein erhebliches kreatives Potential im Unternehmen. Damit wird lebenslanges Lernen nicht nur affirmativ anerkannt, sondern auch in der Praxis umgesetzt (Staudinger & Noack).

## 2. Methode

In einem vom Jubiläumsfonds der Österreichischen Nationalbank geförderten Forschungsprojekt mit dem Titel „Diversity- und Wissensmanagement in Klein- und Mittelständischen Unternehmen“ wurde zunächst der Ist-Stand des formalen und informellen Lernens in ausgewählten Unternehmen untersucht, um im Anschluss daran Überlegungen anzustellen, wie dieser Transfer impliziten Wissens und ein gegenseitiges Lernen gefördert und verbessert werden kann. Dazu wurden in den Unternehmen Interviews und Gruppendiskussionen mit MitarbeiterInnen aller Hierarchieebenen geführt und mittels einer Auswertungsmethodik, die sich an der Grounded Theory orientiert, computerunterstützt (atlas.ti) ausgewertet. Im Folgenden werden die Ergebnisse am Beispiel eines Unternehmens kurz dargestellt.

## 3. Best-Practice-Beispiel

Im ausgewählten Unternehmen – ein mittelständisches Unternehmen in der Me-

tallindustrie – wird Weiterbildung und Wissenstransfer gezielt gefördert. Um den Austausch zu gewährleisten, finden regelmäßige Treffen abteilungsintern wie abteilungsübergreifend statt, die dem gemeinsamen Problemlösen als auch dem Erfahrungsaustausch und gegenseitigem Voneinanderlernen dienen sollen. Gemeinsame Pausenräume sowie direkt vernetzte Arbeitsplätze fördern den informellen Austausch. Die MitarbeiterInnen berichten, dass Wissensaustausch zwischen den Generationen stattfindet – sowohl von Alt zu Jung, als auch von Jung zu Alt. So meint ein Auszubildender beispielsweise: „Die Älteren können halt wirklich vieles besser. (...) Sie sehen es nicht gerne, wenn wir was besser können als sie, aber sie akzeptieren es, es ist nicht viel, was wir besser können.“ Und ein älterer Arbeitnehmer meint: „Das können manchmal auch Ältere sein, die was das lernen wollen oder die versuchen wollen.“ Wichtiger als das Alter ist in diesem Unternehmen aber die Persönlichkeit der MitarbeiterInnen, der gegenseitige Respekt.

Die MitarbeiterInnen können sich eigeninitiativ um Weiterbildung bemühen und werden darin von der Unternehmensführung unterstützt. Dies wird aus Sicht der Unternehmensleitung im Interview aber auch durchaus problematisch gesehen. So kann Weiterbildung auch negative Motivationseffekte haben, nämlich dann, wenn keine Aufstiegschancen entsprechend der neu erworbenen Kompetenzen vorhanden sind.

Auch die Lehrlingsausbildung verläuft in diesem Unternehmen klar strukturiert. Es gibt besonders erfahrene MitarbeiterInnen, die für die Auszubildenden zuständig sind. Damit wird der Wissenstransfer in einer Richtung aktiv organisiert und Wissensverlusten beim Ausscheiden erfahrener MitarbeiterInnen vorgebeugt.

Aufgaben und Verantwortungsbereiche sind klar definiert. Die Führungskraft fördert Innovation, Autonomie, Eigenständigkeit und Verantwortung. Diese Offenheit von Seiten der Führungsebene wirkt sich positiv auf das Arbeitsklima, die Motivation der MitarbeiterInnen und den Wissenstransfer aus. Die Organisationskultur bietet genügend Raum für innovative Ideen von MitarbeiterInnen. Fehler werden nicht bestraft, sondern als Quelle für neues Wissen betrachtet.

#### 4. Diskussion

Die Bedeutung innerbetrieblichen, intergenerationalen Lernens als wichtiger Erfolgsfaktor in Unternehmen benötigt einen bewussten Umgang mit dem impliziten Wissen der MitarbeiterInnen. Intergenerationaler Wissenstransfer und gegenseitiges Lernen unterstützt die Konkurrenz- und Innovationsfähigkeit von Unternehmen und beugt dem Wissensverlust durch das Ausscheiden von langjährigen MitarbeiterInnen vor. Die Ergebnisse der Studie zeigen, dass Lernen, sowohl das informelle Lernen und der Wissenstransfer zwischen MitarbeiterInnen, als auch die Weiterbildung aller MitarbeiterInnen, in der Unternehmenskultur verankert sein muss, um das Wissen im Unternehmen optimal zu nützen. Führungskräfte können die Rahmenbedingungen des informellen Lernens maßgeblich beeinflussen und gestalten.

#### 5. Literatur

1. Argyris, C. 2006, Die lernende Organisation. Stuttgart: Klett-Cotta.
2. Backes-Gellner, U. 2009, Altersbilder bei Personalverantwortlichen in (deutschen) Unternehmen, In: J. Ehmer & O. Höffe (Hrsg.), Bilder des Alterns im Wandel, Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina. Stuttgart: Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH.



3. Bender, S. 2007, Age-Diversity: Ein Ansatz zur Verbesserung der Beschäftigungssituation älterer Arbeitnehmer. In: U. Pasero, G.M. Backers & K.R. Schroeter (Hrsg.), Altern in Gesellschaft. Wiesbaden: Verlag für Sozialwissenschaften.
4. Berkowski, N. & Dievernich, F. 2008, Alternde Belegschaften als zentrale Herausforderung für Unternehmen im Demografischen Wandel. In: B. Klauk, (Hrsg.), Alternde Belegschaften - der demografische Wandel als Herausforderung für Unternehmen. Lengerich: Pabst Science Publishers, S. 49-70.
5. Biffi, G. 2004, Aktuelle Maßnahmen zur Beschäftigung älterer ArbeitnehmerInnen in Österreich. In: Arbeit und Alter (Hrsg.), Alternsgerechte Arbeitswelt, Referate und Diskussionsbeiträge des Expertenherings der Sozialpartner vom 27. und 28. Mai 2004, S. 25 – 31.
6. Brauner, E. & Becker, A. 2005, Beyond Knowledge Sharing: The Management of Transactive Knowledge Systems, Knowledge and Process Management, 12, 1-10.
7. Buck, H., Kistler, E. & Mendijs, H.G. 2002, Demographischer Wandel in der Arbeitswelt. Chancen für eine innovative Arbeitsgestaltung. Demographie und Erwerbsarbeit. Stuttgart: Bundesministerium für Bildung und Forschung.
8. Deller, J., Kern, S., Hausmann, E. & Diederichs, Y. 2008, Personalmanagement im demografischen Wandel. Ein Handbuch für den Veränderungsprozess. Heidelberg: Springer.
9. Dunczyk, H., Jürgenhake, U., Moeller, N. & Senft, S. 2008, Strategien zur Bewältigung des demografischen Wandels - alter(n)sgerechte Personalpolitik - Beschäftigungsfähigkeit sichern - Nachwuchs gewinnen - Wissensverluste vermeiden. In: B. Klauk (Hrsg.), Alternde Belegschaften - der demografische Wandel als Herausforderung für Unternehmen. Lengerich: Pabst Science Publishers, S. 72-90.
10. Europäische Gemeinschaften 2005, EQUAL Erfolgsgeschichten. Entwicklungspartnerschaften, Diskriminierung und Ungleichheiten bekämpfen. Luxemburg.
11. Geldermann, B. 2006, Wissensmanagement: Kapital in den Köpfen Nutzen – eine Aufgabe von Dauer, Arbeit und Arbeitsrecht, 61, 320-325.
12. Hamel, W. 2006, Personalwirtschaft. In: H.-C. Pfohl (Hrsg.), Betriebswirtschaftslehre der Mittel- und Kleinbetriebe. Berlin: Schmidt, S. 233-266.
13. Heinze, R. & Naegele, G. 2008, Ältere Arbeitnehmer zwischen neuem Paradigma und traditionellen betrieblichen Personalpraktiken. In: B. Klauk (Hrsg.), Alternde Belegschaften - der demografische Wandel als Herausforderung für Unternehmen. Lengerich: Pabst Science Publishers, S. 11-32.
14. Höpflinger, F. 2007, Ausdehnung der Lebensarbeitszeit und die Stellung älterer Arbeitskräfte - Perspektiven aus Sicht einer differenziellen Altersforschung. In: U. Pasero, G.M. Backes & K.R. Schroeter (Hrsg.), Altern in Gesellschaft. Ageing - Diversity - Inclusion. Wiesbaden: Verlag für Sozialwissenschaften, S. 307-343.
15. Krenn, M. 2001, Erfahrungswissen als Ressource für altersgerechten Personaleinsatz. Neue Wege zu höherer Beschäftigungssicherheit für ältere ArbeitnehmerInnen, FORBA-Forschungsbericht. AK Wien. 4.
16. Lamieri, L. & North, K. 2001, Wissensmanagement in Klein- und Mittelbetrieben, Wissensmanagement, 6, 18-22.
17. Laschalt, M. & Möller, H. 2005, Der ältere Arbeitnehmer - ein vernachlässigtes Subjekt der Personalentwicklung, Journal für Psychologie, 13, 127-146.
18. Lave, J. & Wenger, E. 1991, Situated learning. Legitimate peripheral participation. Cambridge: University Press.
19. Nelson, R.R. & S. Winter, G. 1982, An evolutionary theory of economic change. Cambridge, Mass.: Belknap Press of Harvard University Press.
20. Rump, J. 2008, Der Einfluss der demografischen Entwicklung auf die Personalpolitik. In: B. Klauk (Hrsg.), Alternde Belegschaften - der demografische Wandel als Herausforderung für Unternehmen. Lengerich: Pabst Science Publishers, S. 33-48.
21. Seitz, C. 2004, Lebenslanges Lernen ein Selbstverständnis, Wirtschaft und Berufserziehung, 11, 9-16.
22. Staudinger, U. & Noack, C. 2009, Die Wirkung von Altersbildern in Unternehmen. In: J. Ehmer & O. Höffe (Hrsg.), Bilder des Alterns im Wandel, Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina. Stuttgart: Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH.
23. Suckale, M. 2009, Altersbilder in Unternehmen. In: J. Ehmer & O. Höffe (Hrsg.), Bilder des Alterns im Wandel, Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina. Stuttgart: Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH.



## Erfahrungswissen in der „einfachen Arbeit“

Irene STROOT

*Institut für Technik und Bildung, Universität Bremen,  
Am Fallturm 1, D-28359 Bremen*

**Kurzfassung:** Das Beschäftigungsfeld der An- und Ungelernten, die sogenannte „einfache Arbeit“, unterliegt einem Wandel, der durch höhere Anforderungen an die Beschäftigten gekennzeichnet ist. Mit der Frage nach der Bewältigung der erhöhten Anforderungen rückt das Erfahrungswissen der Beschäftigten als Grundlage eines erfolgreichen Arbeitshandelns in den Fokus. Die Analyse von Erfahrungswissen gibt Hinweise auf Implikationen für die Gestaltung von Bildungsprozessen.

**Schlüsselwörter:** Erfahrungswissen, arbeitsgebundenes Lernen, einfache Arbeit.

### 1. Anforderungen in der „einfachen Arbeit“

Die „einfache Arbeit“ wird hier aufgefasst als ein Tätigkeitsbereich, der innerhalb der Produktionsorganisation unterhalb der Facharbeit angesiedelt ist (vgl. Weidig et al. 1999). An- und Ungelernte, welche sich überwiegend für keine für den Einsatzbereich spezifische Qualifikation auszeichnen, sind die klassischen Beschäftigten in diesem Bereich. Die lang vertretene Meinung, „einfache Arbeit“ zeichne sich durch einfache und monotone Tätigkeiten aus, für die keine besonderen Qualifikationen notwendig sind, wurde in den letzten Jahren bezweifelt. Neben dem technischen Wandel wurde als Begründung dafür der arbeitsorganisatorische Wandel aufgeführt, der sich in diesem Tätigkeitsfeld durch eine Abkehr von tayloristischen Prinzipien auszeichnet (vgl. Galiläer 2006). In Folge dessen wurde in der Literatur auf eine stärkere Segmentierung und Heterogenisierung der Arbeitsaufgaben und insgesamt auf steigende Anforderungen an die Beschäftigten im Bereich der „einfachen Arbeit“ hingewiesen (vgl. Zeller 2005; Clement 2006).

Studien, die den Wandel der „einfachen Arbeit“ analysieren, zeigen, dass es nach wie vor charakteristische Tätigkeiten mit repetitiven, monotonen Arbeitsschritten gibt (vgl. Böhle et al. 2004; Zeller 2005; Pfeiffer 2008). Insbesondere die Montagetätigkeit sei hier genannt. Gleichzeitig zeigt sich eine heterogene Aufgabenstruktur, da die Tätigkeitsfelder ein breites Spektrum an Arbeitsaufgaben abdecken. Das heißt beispielsweise, neben der Montagetätigkeit sind die Beschäftigten ebenfalls für anspruchsvolle Tätigkeiten wie kontrollierende Aufgaben oder für Wartung und Instandhaltung verantwortlich. Die Tätigkeiten im Bereich der „einfachen Arbeit“ sind in Folge der Heterogenisierung der Arbeitsaufgaben durch Unsicherheiten geprägt, die nicht nach Plan auftreten und eine selbstständige und verantwortungsbewusste Vorgehensweise der Beschäftigten erfordern. Moderne Arbeitsorganisationen verlangen, dass die Beschäftigten einen Beitrag zur Optimierung der Prozesse leisten. Dazu ist es wichtig, dass sie nicht nur den eigenen Arbeitsplatz, sondern den Arbeitsprozess als Ganzes im Blick haben. Unter diesen alltäglichen Bedingungen ist es die Aufgabe der Beschäftigten, einen reibungslosen Ablauf zu gewährleisten, indem sie mögliche Fehlerquellen vorausschauend erkennen und den „Normallauf“ kompetent sicherstellen (vgl. Böhle et al. 2004). Diese Tätigkeiten der Beschäftigten im Bereich der „ein-

fachen Arbeit“ sind in tayloristischen Produktionsorganisationen nicht vorgesehen (vgl. Zeller 2005).

Um das notwendige Wissen zu entwickeln bzw. um Grundlagen für eine Gestaltung von (Weiter-)Bildungsprozessen zu generieren, ist es notwendig der Frage nachzugehen, wie die Beschäftigten diese neuen Anforderungen kompetent bewältigen. Antworten auf diese Frage liegen nicht auf der Hand, insbesondere wenn man sich die „außergewöhnlichen“ Anforderungen an die Beschäftigten vor Augen führt. Gemeint sind hier Anforderungen wie beispielsweise richtige Entscheidungen treffen, wenn nicht ausreichend und eindeutige Informationen für eine rational begründete Entscheidung vorliegen oder wenn das bestehende Wissen nicht ausreicht, um die Aufgabe kompetent zu bewältigen. Studien belegen, dass in diesen Momenten das Erfahrungswissen der Beschäftigten zum Einsatz kommt (vgl. Böhle et al. 2004; Pfeiffer 2008).

## 2. Erfahrungswissen

In der Literatur existiert eine Fülle an Definitionen von Erfahrungswissen, die je nach Disziplin unterschiedliche Aspekte betonen. Ebenso gibt es unterschiedliche Bezeichnungen für dieses besondere Wissen. Bezüglich der Bedeutung, die dem Erfahrungswissen beigemessen wird, besteht eine weitgehende Einigkeit darüber, dass Erfahrungswissen ein wesentliches Element beruflichen Könnens darstellt (vgl. Fischer 2005). Weiterhin ist den meisten Definitionen von Erfahrungswissen gemeinsam, dass dieses Wissen im praktischen Handeln erworben wird und daher fest an die Person sowie an die entsprechende Situation gebunden ist. Außerdem ist man sich einig, dass Erfahrungswissen in expliziter und impliziter Form vorliegt (vgl. Plath 2002).

Bei genauerer Betrachtung wird jedoch deutlich, dass man den Begriff Erfahrungswissen differenzierter analysieren muss. Hilfestellung hierbei bietet die in der Literatur oft vorgenommene Unterscheidung zwischen einem traditionellen und einem erweiterten Verständnis (vgl. Sevsay-Tegethoff 2007). Die schwerpunktmäßigen Unterschiede bei der Definition zeigt die folgende Tabelle 1.

**Tabelle 1:** Definition von Erfahrungswissen

Zwei Seiten von Erfahrungswissen:	
Traditionelles Verständnis	Erweitertes Verständnis
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erfahrungsschatz, Routine</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Implizites Wissen, Könnerschaft</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Explikation und Reflektion der Erfahrung und sinnlichen Wahrnehmung zur objektiven Nachvollziehbarkeit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Betonung der sinnlichen Erfahrung und Emotionalität bei Erkenntnis: Verbalisierung nur unter Umständen möglich</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Handlung wird rational geplant, strukturiert und ausgeführt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Planung und Ausführung von Handlung sind verschränkt: exploratives Vorgehen</li> </ul>

Das erweiterte Verständnis geht bei Erfahrungswissen von einer Form des Handlungswissens bzw. einer Könnerschaft aus, das nach Polanyi als implizites Wissen bezeichnet wird und nicht mittels einer formalen, systematischen Sprache übertragen

werden kann. Es ist durch eine personelle Qualität gekennzeichnet, da es tief in individuellen Handlungen verwurzelt und damit nur begrenzt „objektivierbar“ ist (vgl. Polanyi 1985). Grundlage eines erfolgreichen Arbeitshandelns und Merkmal eines Erfahrungswissens nach diesem Verständnis ist ein sinnliches Beurteilen der Geschehnisse, welches sich beispielsweise in einem Gefühl für die Technik und Material äußert sowie ein emotionales Erfahren (vgl. Böhle et al. 2004).

Während bei dem Einsatz von Erfahrungswissen nach dem traditionellen Verständnis die Handlung rational geplant, strukturiert und ausgeführt wird, ist für ein erweitertes Verständnis von Erfahrungswissen kennzeichnend, dass Planung und Ausführung der Handlung miteinander verschränkt sind. Das äußert sich darin, dass bei der Ausführung der Handlung neue Planungen entstehen und die vorherige Handlung verworfen wird. Neues wird ausprobiert, muss aber nicht immer zum Erfolg führen. Dieses Vorgehen wird als explorativ bezeichnet (vgl. Böhle et al. 2004).

Aus den oben genannten Studien geht hervor, dass Beschäftigte in der „einfachen Arbeit“ situationsspezifisch beide Seiten von Erfahrungswissen anwenden. So kann es vorkommen, dass zunächst eine Handlung rational geplant wird. Dazu wird das Erfahrungswissen aus der Erinnerung abgerufen, beispielsweise durch einen Vergleich mit ähnlichen Erfahrungen und Situationen aus der Vergangenheit und für die Planung verwendet. Während der Handlung verfolgt die Fachkraft dann jedoch ihren eigenen inneren Plan und lässt sich von ihrem Gefühl leiten, um die Tätigkeit erfolgreich abzuschließen.

Auch wenn sich in den letzten Jahren durch zahlreiche Studien bestätigt hat, dass Erfahrungswissen etwas Positives und der Einsatz dessen wünschenswert ist, so darf eine eher negative Sichtweise von Erfahrungswissen nicht vernachlässigt werden. Danach wird Erfahrungswissen vor dem Hintergrund der dynamischen Wissensgesellschaft als ein überholtes Wissen gesehen, das eher blockierend ist als eine Quelle für Innovation und Grundlage erfolgreichen Arbeitshandelns. Um diese negativen Seiten nicht zu vernachlässigen, ist es eine wichtige Herausforderung für Unternehmen, das Erfahrungswissen ihrer Mitarbeiter ständig weiterzuentwickeln, damit es nicht zu einem „alten Schatz“ verkümmert und zu Sturheit und Anwendung des immer Gleichen führt.

### **3. Empfehlungen für die Gestaltung von Weiterbildung**

Die theoretische Analyse von Erfahrungswissen macht deutlich, dass es zur Entwicklung von Erfahrungswissen nicht ausreicht, dieses durch eine Explikation von Experten auf Laien zu transferieren, wie es Wissensmanagement-Vertreter vorschlagen (vgl. Nonaka & Takeuchi 1997). Dies entspricht nicht der Qualität des Erfahrungswissens.

Die Herausforderung ist eine andere: Die Entwicklung des Erfahrungswissens führt über das „Erfahrung-machen“ und es ist Aufgabe der Weiterbildung, diese Möglichkeiten zu initiieren (vgl. Bauer & Munz 2004). Dabei ist es erfolgversprechend, eine besondere, an die Zielgruppe orientierte Didaktik zu verfolgen. Beschäftigte im Bereich der „einfachen Arbeit“ sind bei der Teilnahme an Weiterbildungsmaßnahmen eher unterrepräsentiert und damit nicht mehr gewohnt zu lernen (vgl. BMBF 2005). Eine an die Zielgruppe orientierte Didaktik mit dem Ziel der Entwicklung des Erfahrungswissens sollte darauf abzielen, an das bestehende Erfahrungswissen anzuknüpfen und dieses systematisch weiterzuentwickeln und damit gleichzeitig den An- und Ungelernten den Zugang zu Fachwissen zu erleichtern.

Es ist naheliegend, das Lernpotenzial des Arbeitsplatzes zu nutzen und ein arbeitsgebundenes Lernen mit Hilfe der realen betrieblichen Aufgaben zu gestalten (vgl. Dehnbostel 2007). So kann der Lernende die Probleme und Herausforderungen der täglichen Arbeit direkt erleben und bearbeiten, allerdings in dem geschützten Rahmen einer Lernsituation. Durch die Nähe zu den täglichen Arbeitsaufgaben wird an das bestehende Erfahrungswissen angeknüpft und somit der Aufbau von neuem Wissen (auch von Fachwissen) und der Transfer des Erlernten erleichtert. Ein selbstgesteuerter Lernprozess stellt die eigene Aktivität des Lernenden und die individuellen Zugänge zum Lernen in den Mittelpunkt. Diese Ansätze für eine Gestaltung von (Weiter-)Bildungsprozessen werden beispielsweise im didaktischen Konzept der Lern- und Arbeitsaufgaben (vgl. Howe et al. 2002) aufgegriffen. Dieses Konzept zeigt damit eine weiter zu prüfende Möglichkeit auf, das vor dem Hintergrund des Wandels der „einfachen Arbeit“ benötigte Erfahrungswissen zu entwickeln.

#### 4. Literatur

1. Bauer, H.-G. & Munz, C. 2004, Erfahrungsgeleitetes Handeln lernen – Prinzipien erfahrungsgeleiteten Lernens. In: F. Böhle, S. Pfeiffer & N. Sevsay-Tegethoff 2004, Die Bewältigung des Unplanbaren. Wiesbaden: VS Verlag, S. 55-78.
2. BMBF 2005, Berichtssystem Weiterbildung IX. Bonn.
3. Böhle, F., Pfeiffer, S. & Sevsay-Tegethoff, N. 2004, Die Bewältigung des Unplanbaren. Wiesbaden: VS Verlag.
4. Clement, U. 2006, Arbeit unterhalb der Facharbeiterqualifikation und ihre Herausforderungen für die europäische Berufsbildungspolitik. In: U. Clement & M. Lacher, Produktionssysteme und Kompetenzerwerb. Stuttgart: Franz Steiner, S. 93-112.
5. Dehnbostel, P. 2007, Lernen im Prozess der Arbeit. Münster: Waxmann.
6. Fischer, M. 2005, Arbeitsprozesswissen. In: F. Rauner, Handbuch Berufsbildungsforschung. Bielefeld: wbv, S. 308-315.
7. Galiläer, L. 2006, Qualifikationsentwicklung und -forschung für die berufliche Bildung. In: bwp@11/2006. Im Internet verfügbar unter: [http://www.bwpat.de/ausgabe11/galilaer\\_bwpat11.pdf](http://www.bwpat.de/ausgabe11/galilaer_bwpat11.pdf).
8. Howe, F., Heermeyer, R., Heuermann, H., Höpfner, H.-D. & Rauner, F. 2002, Lern- und Arbeitsaufgaben für eine gestaltungsorientierte Berufsbildung. Berufsbildung und Innovation, Bd. 1. Konstanz: Christiani Verlag.
9. Nonaka, I. & Takeuchi, H. 1997, Die Organisation des Wissens. Frankfurt: Campus Verlag.
10. Pfeiffer, S. 2008, Montage, Wissen und Erfahrung. In: W. Adami, C. Lang, S. Pfeiffer & F. Rehberg, Montage braucht Erfahrung. München: Rainer Hampp, S. 14-48.
11. Plath, H.-E. 2002, Erfahrungswissen und Handlungskompetenz – Konsequenzen für die berufliche Weiterbildung. In: G. Kleinhenz, IAB-Kompodium Arbeitsmarkt- und Berufsforschung. S. 517-529.
12. Polanyi, M. 1985, Implizites Wissen. Frankfurt: Suhrkamp.
13. Sevsay-Tegethoff, N. 2007, Bildung und anderes Wissen. Zur neuen Thematisierung von Erfahrungswissen in der beruflichen Bildung. Wiesbaden: VS Verlag.
14. Weidig, I., Hofer, P. & Wolff, H. 1999, Arbeitslandschaft 2010 nach Tätigkeiten und Tätigkeitsniveau. In: IAB (Hrsg.), Beiträge zur Arbeitsmarkt- und Berufsforschung Nr. 227. Nürnberg.
15. Zeller, B. 2005, Die Zukunft einfacher Arbeit oder: Der Trend zu steigenden Kompetenzanforderungen für „gering Qualifizierte“. In: C. Kreklau & J. Siegers (Hrsg.), Handbuch der Aus- und Weiterbildung. Köln: Deutscher Wirtschaftsdienst.

# Begabtenförderung in der Ukraine und Linguistik

Volodymyr VOLYK

*Institut für das Begabte Kind,  
Salutna Str. 11-a, 03190, Kiew, Ukraine*

**Kurzfassung:** Begabtenförderung in der Ukraine hat im Moment einen umfassenden Charakter. Theoretische und praktische Aufgaben werden im Moment erfüllt. Die gesetzgebende Aufgabe ist der letzte Schritt zur erfolgreichen Begabtenförderung.

**Schlüsselwörter:** System der Begabtenförderung, Erlernen von Fremdsprachen.

## 1. Tendenzen und Perspektiven der Einführung einiger Systeme in der ukrainischen Bildung.

Das Ukrainische Bildungssystem ist im Wesentlichen noch sowjetisch geblieben. Man sieht einige Reformbemühungen des Bildungsministeriums, die aber in der Regel mehr situationsbedingten Charakter haben. Problematisch ist weiter, dass es keine einheitlich Meinung darüber gibt, wie das Bildungssystem weiter zu entwickeln ist.

Es gibt 3 Systeme, die aufmerksam beobachtet werden:

- Das Bologna-System;
- Das System des Einschreibens an einer Hochschule allein auf Basis des Schulabschlusszeugnisses auf der Abschlussnoten;
- Das System der Begabtenförderung.

Das dritte System hat in diesem Fall die besten Chancen vervollkommen zu werden. Ukraine hat eine umfangreiche Organisation, die der Begabtenförderung dient und Jugendliche für nachhaltige wissenschaftliche Arbeit begeistert – die Kleinakademie der Wissenschaften der Ukraine (KAW) ([www.man.gov.ua](http://www.man.gov.ua)). Sie enthält drei Ebenen:

- eine lokale,
- eine regionale,
- die nationale Ebene.

Auf der jeweiligen Ebene organisiert die KAW Wettbewerbe für Schüler der Klassen 8 bis 11. Diese Wettbewerbe finden fast in allen Schulfächern statt.

Die KAW macht eine praktische Arbeit, was zur Förderung begabter und hochbegabter Schüler dient.

Der nächste Schritt bei der Förderung begabter und hochbegabter Schüler war die Gründung des Instituts für das Begabte Kind ([www.iod.gov.ua](http://www.iod.gov.ua)) innerhalb der Akademie der Erziehungswissenschaften der Ukraine. Das Institut soll sich mit Themen wie Begabungsdiagnostik, Begabungsforschung etc. auseinandersetzen.

Der dritte und letzte Schritt ist die Gesetzgebung. Die Förderung hochbegabter Kinder in der Ukraine ist im Moment nicht gesetzlich verankert. Das Gesetz zum Thema Begabtenförderung wurde ausgearbeitet aber noch nicht beschlossen.

Nach Ansicht vieler Experten gehört die Begabtenförderung zu den erfolgreichsten Reformen der ukrainischen Bildung. Sie wird vom Staat unterstützt und kontrolliert. Die praktischen und theoretischen Aufgaben wurden abgeschlossen. Es fehlt noch die Erfüllung der gesetzgebungsbezogenen Aufgaben.



## 2. Faktoren, die am besten beim Spracherlernen wirken

Für das Erlernen einer Fremdsprache muss nach allgemeiner Auffassung eine bestimmte Begabung vorhanden sein. Hatten vor fünf Jahren noch viele Menschen Angst vor dem Erlernen einer Fremdsprache, so spricht man nun immer öfter von zusätzlichen Sprachkursen und Tutorien. Dabei sind folgende Faktoren bedeutsam:

- innere Faktoren;
- äußere Faktoren.

Zu den inneren Faktoren gehören die Eigenschaften eines Menschen, die beim Spracherlernen wirken:

- Temperament eines Menschen;
- Sprechapparat;
- Improvisationsfähigkeit;
- Besonderheiten der Denkweise;
- Hörfähigkeiten;
- Besonderheiten des Gedächtnisses.

Zu den äußeren Faktoren gehören die für das Erlernen einer Fremdsprache notwendigen Rahmenbedingungen:

- Das Vorhandensein aller notwendigen Materialien (z.B. Bücher, Geräte, Ton- und Videoaufnahmen etc.);
- Das Vorhandensein aller möglichen Methoden (intensive sowie andere Methoden fürs Spracherlernen);
- Das Vorhandensein einer stabilen Lerngruppe (7-10 Menschen) fürs Erlernen einer Fremdsprache.
- Kommunikationsmöglichkeiten mit Muttersprachlern.

Um die Umwelt eines lernenden Linguisten zu verbessern, muss man sich auf die inneren Faktoren stützen. Daher werden die bestmöglichen Methoden, Geräte und Materialien gesammelt, die sich auf die individuellen Besonderheiten des Menschen gerichtet sind. In diesem Fall ist eine individuelle Orientierung auf einen Menschen das Beste. Diese Orientierung spielt eine entscheidende Rolle beim Erlernen in einer Gruppe. Wir haben selten homogene Gruppen, die ähnliche innere Charakteristiken aufweisen. Daher sinkt die Effizienz der Übungen bei der Gruppenarbeit, so dass selbständiges Arbeiten notwendig ist. Derartige Faktoren wurden im Sowjetischen Bildungssystem völlig außer acht gelassen, weil sich das Erlernen auf das Einarbeiten einer Reihe von Fertigkeiten beschränkte.

Wir können in diesem Fall nur daran erinnern, dass verschiedene Charakteristiken unseres Gehirns beim Lernen eine entscheidende Rolle spielen. So gibt es Menschen, die den Text sehen müssen, um sich die Spracheinheiten einzuprägen, wohingegen andere einen Text nur zu hören brauchen, um sich dieselben Spracheinheiten einzuprägen. Solche individuellen Vorgehensweisen beim Erlernen müssen berücksichtigt werden.

## 3. Beschreibung und Aufzählung der Geräte, die beim Spracherlernen entscheidende Rolle spielen

Im Prozess der Entwicklung unserer Gesellschaft nutzten die Linguisten verschiedene Geräte, die beim Erlernen einer Sprache nützlich sind.

Im Prinzip sind diese Geräte in zwei Gruppen einzuteilen:



- Geräte für Wiedergabe,
- Geräte für Aufnahme.

Kassettenrekorder erlaubten die Wiedergabe und Aufnahme z.B. von Sprachmaterial. Aktuell sind digitale Systeme sehr verbreitet, wie der CD-Abspieler der DVD- und schließlich der MP3-Abspieler, Geräte und Datenträger, die im Moment am häufigsten bei vielen Verlagen Verwendung finden. Ein universelles System oder ein Gerät für das Spracherlernen ist im Moment ein Computer. Viele Softwareentwickler arbeiten auf diesem Feld schon seit Jahren, und bieten ganz viele Programme für den PC, die einem Menschen das Erlernen einer Fremdsprache erleichtern.

Geräte, die sowohl selbständig, als auch gemeinsam mit einem PC funktionieren sind u.a.:

- ein Handy;
- ein iPhone;
- digitale Displays aller Art;
- DVD-Abspieler;
- Fernseher etc.

Immer mehr bekommen wir Software für das Erlernen nicht nur für einen PC, sondern auch für Handys. Diese Methode wird immer populärer, weil jeder sich selbst alle notwendigen Parameter und Programme fürs Handy individuell einstellen und fast überall verwenden kann.

Ein anderer Aspekt beim Erlernen einer Fremdsprache ist wichtig –

eine Videoaufnahme mit Ton. Hierbei wird die Aufmerksamkeit auf die visuellen Fertigkeiten des Menschen gerichtet, d.h. die audiovisuelle Kompetenz. Diese Kompetenz bildet nicht nur eine verbale, sondern auch eine nichtverbale Möglichkeit für Kommunikation.

Jedes Gerät muss jedenfalls auf individuelle Besonderheiten eines Menschen gerichtet werden.

#### **4. Vorschläge zur Ausarbeitung eines universellen Systems für problemlose Beherrschung der Fremdsprachen**

Um ein universelles System zu entwickeln, muss man zunächst entscheiden, auf welcher Basis dieses System funktionieren werden soll. Hier gibt es zwei Varianten:

- eine physische;
- eine digitale Basis.

Da im Moment viele Vorgänge automatisiert werden, schlagen wir vor, dieses System digital auszulegen. Hier haben wir mehr Möglichkeiten sowohl beim Entwickeln eines PC-Programms, als auch beim Ausdrucken von Materialien.

Dieses System muss folgende Teile einschließen:

- Tests die Aufschluss geben über
- die Denkweise eines Menschen;
- die besten Methode (bzw. ihrer Kombination) für das Erlernen;
- das vorhandene Niveaus der Sprachkenntnisse;
- Vorschläge zur Kompliziertheitsstufe.
- Eine Reihe von Stufen, sortiert nach Methoden des Erlernens
- Ton- und Videoaufnahmen zu jedem Teil einer Lektion
- Umfassende Tests am Ende jedes Teiles mit Vorschlägen für weitere Lerntätigkeiten.

Dabei ist wichtig, dass wir parallel Muttersprachler einsetzen. Ohne verbalen Kontakt mit Muttersprachlern ist das Erlernen unvorstellbar.

## 5. Literatur

1. Brammerts, H. 1992, Geräte für das Sprachenlernen im Tandem. In: M. Rosanelli (Hrsg.), *Lingue in Tandem. Autonomie und Spracherwerb*. Merano: Alpha & Beta, S. 341-353.
2. Nodari, C. 2002, Was heißt eigentlich Sprachkompetenz? In: Schweizerisches Institut für Berufspädagogik (Hrsg.), *Barriere Sprachkompetenz, Dokumentation zur Impulstagung vom 2. Nov. 01 im Volkshaus Zürich*, SIBP Schriftenreihe Nummer 18. Zollikofen: SIBP, S. 9 – 14.
3. *Studia Germanica et Romanica* 2009, 1(16).
4. [www.iod.gov.ua](http://www.iod.gov.ua)
5. [www.man.gov.ua](http://www.man.gov.ua)

## Untersuchung von Geigenspiel – Vibrationsempfindung, Klang und Hörwahrnehmung

Marlene HELFERT<sup>1</sup>, Martin LANDZETTEL<sup>2</sup>, Sebastian BUCKERT<sup>3</sup>,  
Holger HANSELKA<sup>3</sup> und Ralph BRUDER<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Institut für Arbeitswissenschaft, Technische Universität Darmstadt,  
Petersenstrasse 30, D-64287 Darmstadt*

<sup>2</sup> *Lichtenberger Institut für angewandte Stimmphysiologie,  
Landgraf-Georg-Strasse 2, D-64405 Fischbachtal*

<sup>3</sup> *Fachgebiet Systemzuverlässigkeit und Maschinenakustik,  
Technische Universität Darmstadt, Magdalenenstraße 4, D-64289 Darmstadt*

**Kurzfassung:** Diese Arbeit geht der Frage nach, ob und inwiefern sich ein leichterer Druck auf die Saite auf das Frequenzspektrum des erzeugten Klanges und auf die wahrgenommene Klangcharakteristik auswirkt. Zur Klärung dieser Frage werden der Saite-Griffbrett-Kontakt, die Geigenschwingung, der Klang und dessen Wahrnehmung ermittelt und in Bezug zueinander gesetzt.

**Schlüsselwörter:** Geigenspiel, taktile Wahrnehmung, Vibration, Klangqualität.

### 1. Einleitung

Wird die Saite durch die Greifhand des Geigenspielers nur leicht auf das Griffbrett gedrückt, wird nicht nur der Finger des Spielers geschont, sondern es sind auch Klangveränderungen möglich. Diese rühren zum einen daher, dass Vibrationen zwischen Saite und Griffbrett entstehen können. Zum anderen können vom Spieler Vibrationen in der Fingerbeere wahrgenommen werden, die einen neuen Regelmechanismus bei der Einstellung des für den Klang optimalen Fingerdrucks ermöglichen. Diese Schwingungswahrnehmung wird bei hohen Druckkräften auf die Saite durch Druckwahrnehmung überlagert und durch die Nervenverschaltung unterdrückt.

Diese Arbeit geht der Frage nach, inwiefern sich der Klang bei Variationen des Fingerdrucks ändert und wie dieser Klang wahrgenommen wird. Im Folgenden werden der Versuchsaufbau und die Untersuchungsmethodik dieser Aufgabe erläutert und erste Ergebnisse vorgestellt.

### 2. Versuchsaufbau und Methodik

Zur Untersuchung des Zusammenhangs zwischen Klangerzeugung, Klang und dessen Wahrnehmung werden folgende Informationen aufgenommen: Durch Beschleunigungssensoren an der Geige und Mikrofone werden die Geigenschwingung und der entstehende Klang aufgenommen. Ein Stromkreislauf zwischen Griffbrett und Saite zeigt die Art des Saite-Griffbrett-Kontakts an, eine Hörerbefragung gibt Aufschluss über die Klangwahrnehmung.

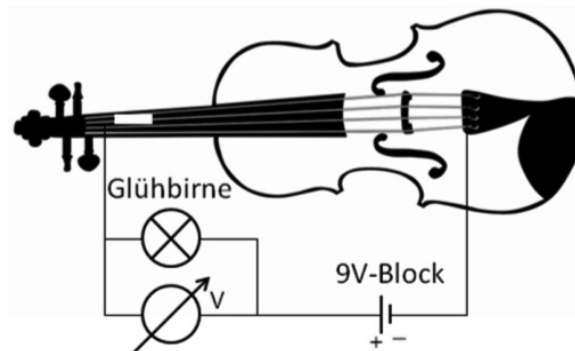
Aus den Ergebnissen dieser Analysen wird im Folgenden der Zusammenhang zwischen der Spielart und der Frequenzcharakteristik des gespielten Klangs ermittelt, sowie auf die Klangwahrnehmung der einzelnen Spielarten geschlossen. Außerdem

werden die Resultate der einzelnen Analysen genutzt, um nach Charakteristiken des objektiv gemessenen Klanges zu suchen, die zu einer bestimmten Klangwahrnehmung führen.

## 2.1 Messung des Saite-Griffbrett-Kontakts

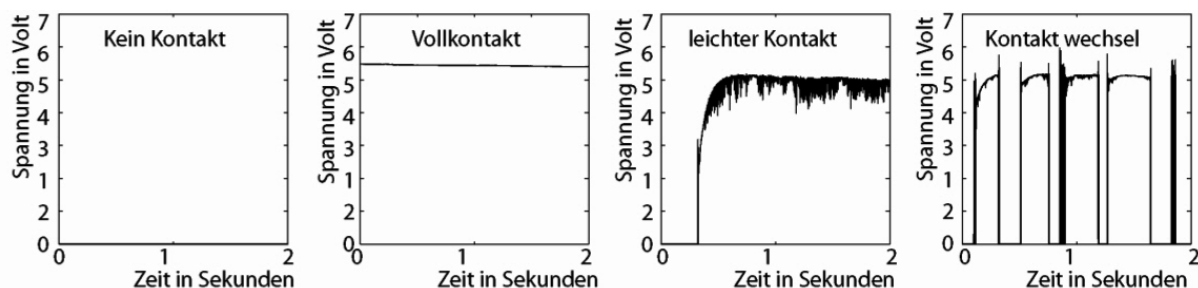
Ein Stromkreis, der durch die Kontaktfläche zwischen Saite und Griffbrett gelegt ist, zeigt, ob die Saite das Griffbrett berührt. Dazu wird am Griffbrett der elektrische Kontakt durch eine aufgeklebte Metallfolie hergestellt. Die mit Metalldraht umsponnene Perlonsaite ist leitfähig. Die gemessene Spannung im Stromkreis zeigt nicht nur, ob Kontakt zwischen Saite und Griffbrett besteht: Der elektrische Widerstand im Kontaktbereich ändert sich mit der Größe der Kontaktfläche und ist damit auch Indikator für die Stärke der Druckkraft.

Zur optischen Rückmeldung des Kontaktzustands an den Spieler wird eine Glühbirne in den Stromkreis integriert. Da diese sehr träge reagiert, wird dem Spieler zusätzlich die gemessene Spannung auf dem Bildschirm angezeigt. Abbildung 1 zeigt den Versuchsaufbau.



**Abbildung 1:** Schaltplan der Spannungsmessung

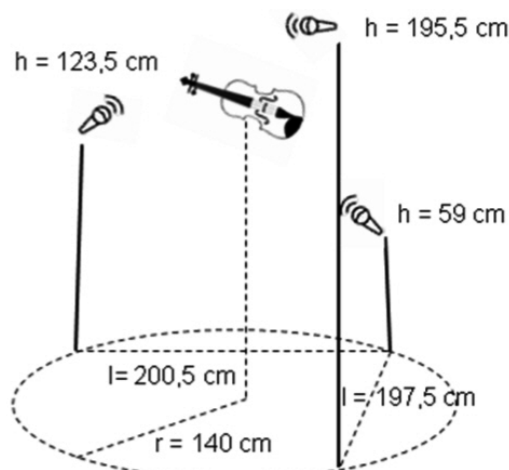
Abbildung 2 zeigt die Spannungsverläufe der möglichen Kontaktzustände. Der links gezeigte Spannungsverlauf entsteht, wenn die gedrückte Saite das Griffbrett nicht berührt. Da der Stromkreis nicht geschlossen ist, wird keine Spannung gemessen. Der zweite Graph von links zeigt den Spannungsverlauf bei Vollkontakt zwischen Saite und Griffbrett, also eine fast konstante Spannung von ca. 5,5 Volt. Im dritten Graphen von links ist der leichte Kontakt zwischen Saite und Griffbrett dargestellt. Hier schwingt die Spannung zwischen ca. 4,5 V und 5,5 V. Die Saite befindet sich aber zu jeder Zeit in Kontakt zum Griffbrett. Im Graph ganz rechts ist der Saite-Griffbrett-Kontakt nicht mehr stetig. Hier wird die Saite so leicht gedrückt, dass ein ständiger Wechsel zwischen Kontakt und Nicht-Kontakt stattfindet.



**Abbildung 2:** Gemessene Spannungsverläufe bei den verschiedenen Kontaktarten

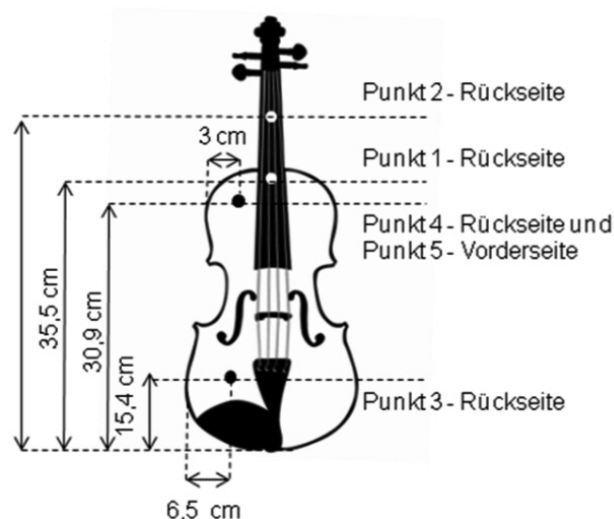
## 2.2 Klang- und Schwingungsmessung

Auf einem Kreis mit dem Radius 1,40 m werden wie in Abbildung 3 dargestellt drei Mikrofone in unterschiedlichen Höhen angebracht. Ein Schallpegelmesser gibt den Spielern die von ihnen gespielte Lautstärke an. Um die Messungen vergleichen zu können, werden die Probanden instruiert, eine Lautstärke von 70 dB zu spielen. Darüber hinaus muss sich die Geige bei allen Messungen an derselben Position im Raum befinden.



**Abbildung 3:** Anordnung der Mikrofone

Zusätzlich werden die Schwingungen der Geige mittels Beschleunigungssensoren aufgenommen. Abbildung 4 zeigt die Sensoranordnung, bei der Schwingungen orthogonal zur Abbildungsebene gemessen werden. Der Vergleich der gemessenen Frequenz-Spektren der Beschleunigungssensoren an der Geige mit denen der Mikrofone zeigt, dass die Charakteristik des gespielten Klanges von beiden Sensoranordnungen gleichwertig wiedergegeben wird.



**Abbildung 4:** Anordnung der Piezo-Sensoren

## 2.3 Hörerbefragung zur Klangwahrnehmung

Einer Gruppe von 50 Musikern wurden in 22 Versuchen jeweils zwei Töne vorge-

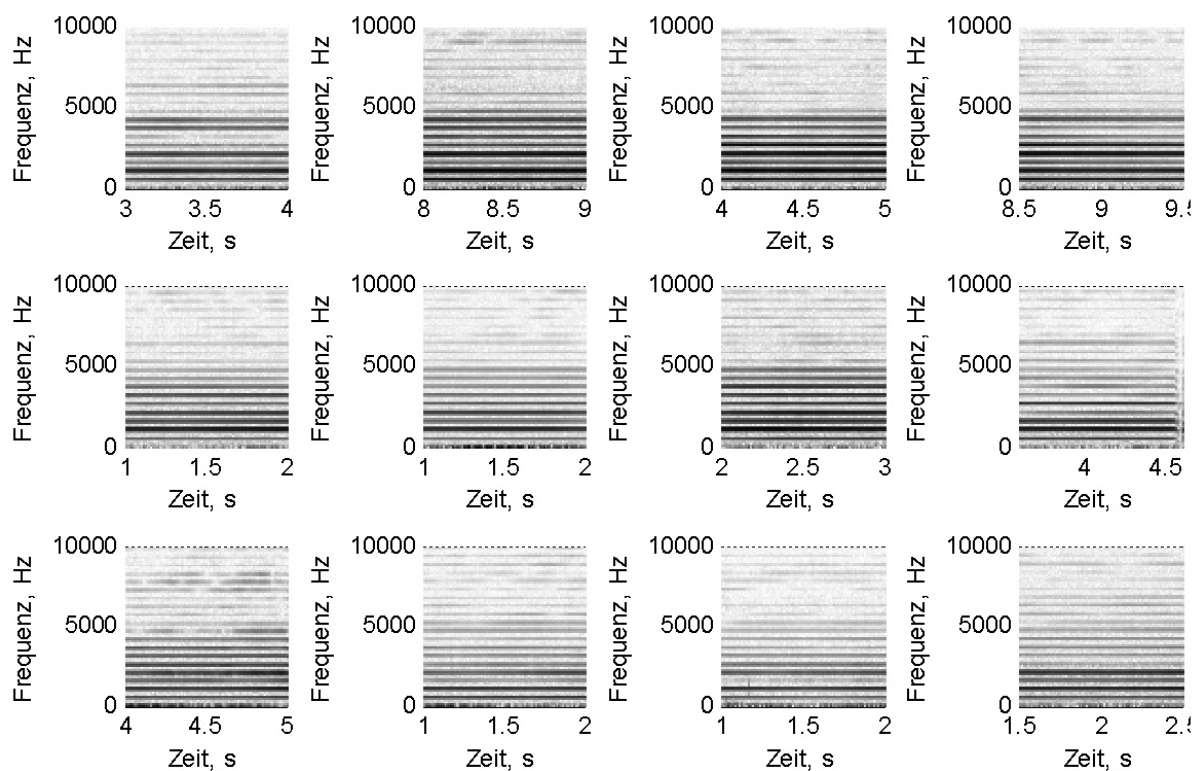
spielt, die verglichen werden sollten. Es wurde gefragt, welcher der beiden Töne

- heller klingt,
- sprühender ist,
- mehr innere Lebendigkeit hat,
- grilliger ist,
- räumlicher ist, und
- die eigenen Körperräume eher kontaktiert.

Der Fragebogen wurde in vorhergehenden Versuchen mit Hörern entwickelt. So wurden Begriffe gefunden, die die wahrgenommenen Charakteristiken und Unterschiede der gespielten Töne beschreiben.

### 3. Ergebnisse

Abbildung 5 zeigt beispielhaft die Spektrogramme der gemittelten Aufnahmen der drei Mikrone bei den vier gezeigten Spielarten. Jede Zeile ist das Ergebnis eines Spielers. Jede Spalte stellt die Frequenzverläufe mit den vier Kontaktzuständen kein Kontakt, Vollkontakt, leichter Kontakt, und Kontaktwechsel von links nach rechts dar. Stark vertretene Frequenzen sind darin jeweils schwarz dargestellt.



**Abbildung 5:** Frequenzspektren bei den Spielarten *kein Kontakt*, *Vollkontakt*, *leichter Kontakt*, *Kontaktwechsel* (von links nach rechts) bei verschiedenen Spielern (je Zeile)

Aus den Frequenz-Zeit-Verläufen sind klar Strukturcharakteristiken in den oberen Frequenzbereichen zu erkennen, die die Töne unterscheidbar machen. Es fällt auf, dass bei Kontaktwechsel bei vielen Spielern die hohen Frequenzen im Ton, im Vergleich zu den anderen Kontaktarten, stärker vertreten sind. Entgegen der Erwartung lassen sich aber keine Frequenzbänder isolieren, die den einzelnen Greifarten klar



zugeordnet werden können. Vielmehr lässt sich zeigen, dass die Obertonspektren bei jedem Spieler individuell auftreten.

#### **4. Danksagung**

Die Autoren möchten Ralf Schlüter, Kathrin Krause, Dietrich Balser, sowie den Studierenden Oskar Schwarz, Sebastian Distler, Harald Zetker, Florian Braun, Kim Finke, Christina Weickgenannt, Mark Bucher, Hatem Mortagy, Christian Schwarz, Michael Jorns, Feng Chen und Anica Gille für ihren Beitrag zu dieser Arbeit danken.

#### **5. Widmung**

Mit dieser Arbeit greifen wir die Tradition musikphysiologischer Untersuchungen am IAD auf, die im Jahr 1988 von Professor Walter Rohmert und Gisela Rohmert begründet wurde. Wir widmen diese Publikation daher den Pionieren der praktischen Musikphysiologie Professor Walter Rohmert und Gisela Rohmert.



## Getting the Feeling – “Human Error” in an educational ship handling simulator

Marcus ARENIUS, Georgios ATHANASSIOU and Oliver STRÄTER

*Fachgebiet Arbeits- und Organisationspsychologie, Universität Kassel,  
Heinrich Plett Str. 40, D-34132 Kassel*

**Abstract:** A mixed-methods quasi-experimental field study (N=7) was conducted, aiming at discerning the systemic causes behind nautical students' human errors during simulator exercises and to what extent these causes can be related to a new decision supporting display. The students' performance was analysed when the decision supporting display (Conning Display) was either inactive or active during the different exercises. Drawing upon eye tracking evaluation, interviews and simulator video recordings, systemic causes leading to human errors were identified. Results indicate that all errors occur under the same kind of (stressful) man-machine interaction. Based on this design requirements aiming at promoting resilient crew behaviour were proposed.

**Keywords:** Systemic error analysis, resilience, Cognitive Couplings.

### 1. Introduction

As the exact layout of maritime simulators components is not predefined by national or international standards more than on a rudimentary basis (ISO 8468), the operators of maritime simulator facilities strive to make the layout of these components fit the needs of their nautical students as closely as possible. The main object of interest of this study is the Conning (Information) Display that is currently being evaluated in order to meet nautical student needs and therefore to further improve their training.

### 2. Theoretical Background

Rohmert & Rutenfranz (1975) propose the concepts stress (Belastung) and strain (Beanspruchung) as concepts for how cognition and the external world are connected, with stress representing the affecting factor and strain its actual effect on the individual mind. Cognitive Couplings (Sträter 2005) further refine the stress concept, by describing what the nature of external stimuli that enter the individual mind is and what levels of stress these stimuli put on the individual. Several different Cognitive Couplings can be discerned, with each Cognitive Coupling further being divided into a stressing mode and a mode that is comparatively less stressing for the individual(s) engaged in interaction (Sträter 2003).

However, while the stress in terms of Cognitive Coupling modes is equal for all individuals provided that the task and corresponding circumstances stay constant, the actual effect of stress on an individual may vary depending on various factors. Strain represents this variable effect on the individual mind. For example, if the captain of a ship has the task of setting the heading for the entrance of a harbour, then this task

puts certain stress on him/her via Cognitive Coupling modes. He must e.g. make sense of multiple dimensions (current, wind, speed, etc) and coordinate all the different actions necessary for task achievement (give rudder commands, monitoring, etc). While this poses less of a challenge for a person that has been trained for this situation regularly, it probably would be harder to manage for a complete novice. The novice would be placed under great strain, not being able to infer the correct combined effect of wind and current on future ship heading, leading to a situation in which an accident could occur due to degraded performance (especially if no technical aids are simplifying the task by reducing stress).

So, although the stress is equal in both cases, the strain is bigger for the novice due to infrequent experience with this (or a similar) situation. It should be noted, however, that high stress correlates with a rise in strain levels therefore impaired performance, provided that everything else stays constant (Figure 1, Sträter 2005).



**Figure 1:** Stress from a task leads to strain on the individual, which in turn precedes performance. High stress leads to high strain, thereby impairing performance

### 3. Method

7 persons participated in the study, 6 males, 1 female. The participants were students of Marine Science studying at the FH OOW (FH Oldenburg / Ostfriesland / Wilhelmshaven) and had the role of a captain of the crew on the simulator bridge. The average age of the participants was 22 years. All exercises took place in the simulator facility of the FH OOW in Elsfleth and were part of the maneuvering exercises (Manövrieren) which consist of 6 different scenarios. The participants were chosen by means of administrator selection.

#### 3.1. Quantitative

Within and between group designs were used in order to discern the effect of the display on student performance. The independent variable was the status of the Conning Display (on/off) and the dependent variable performance in terms of the amount of errors committed by a crew as identified by an expert (the simulator training instructor).

#### 3.2. Qualitative

Semi-structured interviews were carried out with the captain of the participating crew. The aim of the interview was to generally discern the systemic causes leading to an error by specifically setting them into relation with the level of stress associated with the Cognitive Coupling modes.

Two types of observations were conducted for every participant. First, the participant behavior was observed indirectly and online during the exercise in conjunction with an expert (training instructor). Subsequently, a second round of observations was conducted by evaluating the video recordings (eye-tracking, CCTV-recording and a recorded video of the instructor station), with special focus on the sequence

where the errors occurred.

#### 4. Selected results

The within group analysis reveals that the amount of errors tends to be reduced when shifting the display from “off” to “on” (see Table 1). However, errors actually tend to decrease when shifting the display from “on” to “off”, contradicting this conclusion (see Table 1).

**Table 1:** Within-group comparison: Amount of errors committed when the status of the Conning Display (on/off) was changed in between two scenarios

Conning Display	Switched from “Off” to “On” (N = 6)		From “On” to “Off” (N = 5)	
	Off	On	On	Off
Errors	7	1	3	1

With the quantitative analysis being inconclusive, no decision on whether the Conning Display tends to influence performance can be made. Therefore the qualitative analysis will shed light on this matter.

If we, drawing on the observations and interviews analysis, look at all the different errors committed by the participants, a clear pattern emerges. All errors, regardless of whether the Conning Display was switched on or off, occurred under similar, comparatively stressful Cognitive Couplings modes (see Table 2). This is in line with the prediction derived from theory, that performance will degrade when stress is high.

**Table 2:** Stress on captains in terms of representative Cognitive Coupling modes for all committed errors. Mode denotes the mode of a coupling and the “plus” classifies stressful modes

Cognitive Coupling	Mode	Description
Type of Task	(+) Monitory	Monitors ship’s reaction to rudder commands
Dimensionality	(+) Multi-dimensional	Speed, acceleration, rudder inertia, etc
Necessary Operation	(+) Simultaneously	Can choose freely when to execute which actions which requires coordination
Information Presentation	(+) Compensatory	Difference between current state and desired state is not displayed
Internal Compatibility	(+) Internal Incompatibility	Mapping between rudder commands and ship reaction is unclear

#### 5. Putting it together: Design Proposition

The most promising design approach for reducing errors is to switch the mode of the Cognitive Coupling information presentation (see Table 2). If the current and desired state can be displayed clearly in the Conning Display, the difference between

the two states would be obvious. This would change the display from the stressful compensatory to the less stressful pursuit mode with most of the other Cognitive Couplings shifting into less stressful modes as well.

How this can be achieved is illustrated by a representative statement of the most successful participant (his crew did not commit any errors). He stated that he constantly was thinking 3 minutes ahead when giving rudder commands. This gives us a hint about what the “current state” of a ship consists of in the maritime context. It extends into the future in the sense that it incorporates what your momentary orientation towards a desired state is. For the captain entering the harbor mentioned in the beginning, this means that the desired state is “the ship when it that has entered the harbor safely” and the current state is the current orientation towards this goal. This orientation is influenced by ship internal (e.g. speed, delayed effect of rudder commands) and external factors (e.g., wind, current).

What should be done in order to display this orientation towards a desired state is to project the ship into the future, taking all ship-external factors and the ship internal factors into consideration, thus displaying the relevant information in a refined form.

This design solution would help in coping with actions that could lead to errors by means of providing accurate feedback on the ship’s current state, thus reducing task-induced stress. This functionality would assist the students in identifying wrong actions and in countering them right away, before they lead to accidents, therefore encouraging a more resilient performance (Hollnagel et al. 2006).

## 6. Discussion

The qualitative analysis revealed that all of the errors committed occurred under similar Cognitive Couplings modes, associated with comparatively high levels of stress. The design proposition aims at lowering the stress from the Cognitive Couplings by providing projective feedback the ship’s current state and will presumably lead to safer crew behavior during all simulator exercises.

## 7. References

1. Hollnagel, E., Woods, D.D. & Leveson, N.G. 2006. Resilience engineering: Concepts and precepts. Aldershot: Ashgate.
2. ISO 8468: 2007-07. Ships and marine technology — Ship’s bridge layout and associated equipment — Requirements and guidelines, 3rd edition. Berlin: Beuth.
3. Rohmert, W. & Rutenfranz, J. 1975. Arbeitswissenschaftliche Beurteilung der Belastung und Beanspruchung an unterschiedlichen industriellen Arbeitsplätzen. Bonn: Bundesministerium für Arbeit und Sozialordnung.
4. Sträter, O. 2005. Cognition and safety - An integrated approach to systems design and performance assessment. Aldershot: Ashgate.
5. Sträter, O. & Bubb, H. 2003. Design of systems in settings with remote access to human performance. In: E. Hollnagel & N. Suparamaniam (Ed) Handbook of Cognitive Task Design. Hillsdale: Lawrence Erlbaum, S. 333-356.



# Systemergonomische Konzepte für den Entwurf effektiver Lerneinheiten

Herbert RAUSCH

*Lehrstuhl für Ergonomie, Technische Universität München,  
Boltzmannstraße 15, D-85747 Garching*

**Kurzfassung:** Mit systemergonomischen Analysen können Routineaufgaben bei der Auswahl der Lerninhalte und der formalen Gestaltung des Lernprozesses reduziert werden.

**Schlüsselwörter:** Lernmedien, Lernassistenz, Systemergonomische Analyse, Lernen.

## 1. Einleitung

Der technische Fortschritt, die Globalisierung aber auch die sich wandelnde Altersstruktur, die Vorbildung und der Anspruch der Anwender erfordern lebenslanges Lernen. Fundierte didaktisch aufbereitete Lerneinheiten für die effektive Nutzung der sich wandelnden technischen Systeme werden immer wichtiger.

Der Aufwand für die Individualisierung und Aktualisierung von Lerneinheiten soll durch technische Assistenzsysteme wirksam unterstützt werden. Der vorgestellte Ansatz erläutert Möglichkeiten Routinearbeiten zu reduzieren. In einem Pilotprojekt (Venus I) konnte gezeigt werden, wie z. B. Bedienanleitungen durch die Modellierung der einzelnen zu lernenden Handlungsschritte teilautomatisiert erstellt werden können.

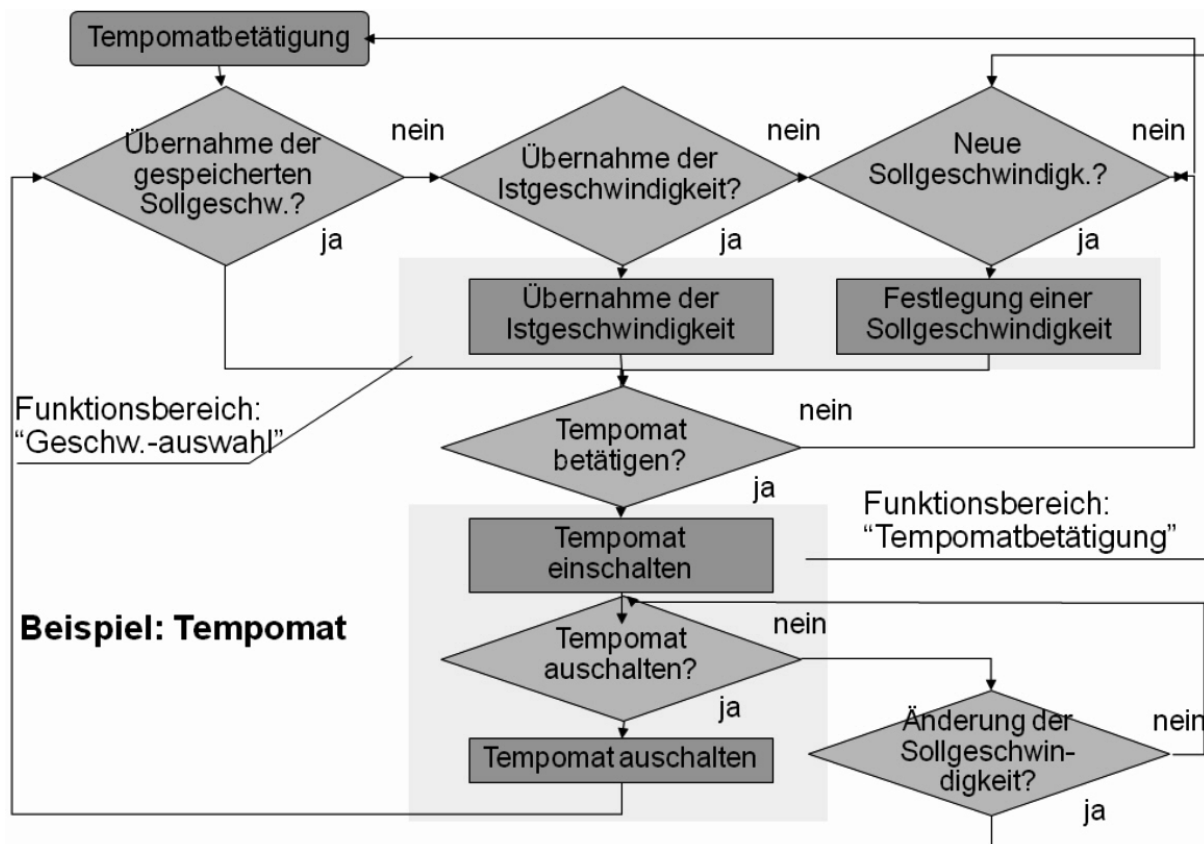
## 2. Methode

Lernen erfolgt in einem Arbeitssystem. Aus arbeitswissenschaftlicher Sicht ist Lernen Arbeit. Zahlreiche Untersuchungen liefern Hinweise auf die Bedingungen menschlicher Arbeitsleistung, die grundsätzlich auch für das Lernen gelten. Die systemergonomische Analyse als arbeitswissenschaftliche Methode kann auch zur Gestaltung von Unterrichtseinheiten und Lernmedien genutzt werden. Sie liefert Hinweise auf die notwendigen Lerninhalte und die ergonomische Gestaltung der Lernmedien. Bei der Systemergonomischen Analyse wird der Informationsfluss im Arbeitssystem bzw. bei der Bearbeitung einer Aufgabe detailliert dargestellt. Damit werden alle für die Aufgabe notwendigen Informationen erfasst.

### 2.1 Auswahl der Lerninhalte

Für viele Aufgaben, besonders wenn dabei Software oder Maschinen eingesetzt werden, kann der Informationsfluss relativ gut erfasst werden. Im Projekt VenuS I (Glöe & Hadler 2008) sollten z. B. Bedienhandbücher für Leittechniksoftware rechnergestützt erstellt werden. Die Ausgangsinformationen liefert das Pflichtenheft für den Programmierer der Software. Es enthält alle Funktionen, die das zu erstellende Programm enthalten soll. Damit sind die Aufgaben, die mit der Software ausgeführt werden können, festgelegt. Formal werden die einzelnen Teilaufgaben mit der Programmiersprache UML erfasst, mit der auch der aufgabenspezifische Informations-

fluss abgebildet werden kann. Haupt- und Nebenfunktionen können definiert werden. Jede Teilaufgabe umfasst eine Reihe von Teilentscheidungen mit zuordenbaren Informationen, die für diese Entscheidung notwendig sind. Damit ist die Grundlage für die systematische Auswahl der Lerninhalte gegeben. Abbildung 1 zeigt eine Gliederung der Teilaufgaben einer systemergonomischen Analyse für die Tempomatbetätigung. Jede Raute symbolisiert eine Entscheidung für die Informationen benötigt werden. Die folgenden Rechtecke symbolisieren Handlungen, denen Kompetenzen zugeordnet werden können. Diese für die ergonomische Auslegung von Mensch-Maschine-Schnittstellen bewährte Methode bietet die Grundlage für die Auswahl der Lerninhalte eines Lernsystems. Damit lassen sich z. B. das notwendige Fachwissen und schließlich die erforderlichen Handlungskompetenzen systematisch erfassen. Längsschnittstudien könnten systematisch Veränderungen der Arbeitsinhalte offenlegen und prospektiv Langzeit- und Kurzzeitwissen definieren.



**Abbildung 1:** Beispiel der Gliederung in Teilaufgaben einer Systemergonomischen Analyse für die Tempomatbetätigung (aus Bubb 2008)

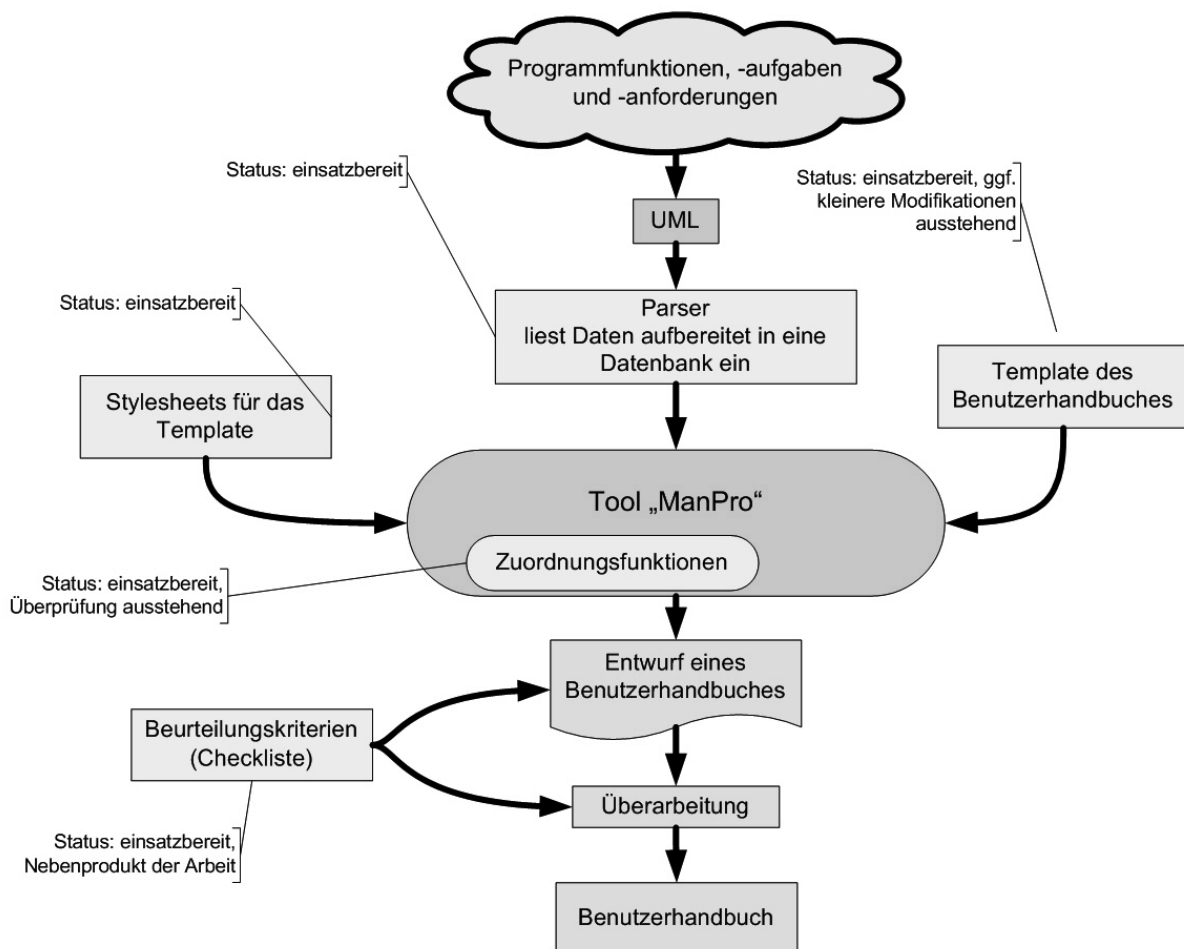
## 2.2 Gestaltung der Lernmedien

Bei der Systemergonomischen Analyse wird in einem zweiten Schritt jeder einzelne Handlungsschritt bzw. jede Entscheidung hinsichtlich ergonomischer Kriterien überprüft. Sinngemäß kann dieses Verfahren auch auf Lernhandlungen angewandt werden. Mit der Systematik der menschlichen Leistungsvoraussetzungen und dem Informationsfluss der systemergonomischen Analyse können Entscheidungen modelliert werden, die in der Summe ein Lernsystem bilden, das wesentliche Erkenntnisse menschlichen Lernens abbildet und als Werkzeug für den Entwurf neuer oder zur Optimierung bestehender Lerneinheiten dienen kann. Vorgaben und Richtwerte in

Form von Checklisten werden z. B. aus dem Ergonomischen Datenbanksystem EKIDES (2010) entnommen. Jeder Handlungsschritt wird nach Motivation, Informationsaufnahme, Informationsumwandlung, Informationsverarbeitung, Entscheidung und Umsetzung ergonomisch optimiert, so dass die Gesamtleistung des Systems steigt. Jede der einzelnen Entscheidung während einer Lernhandlung soll optimal (nach Menge, Art, Form der Information) unterstützt werden. Ergonomisch fundierte Vorlagen und Richtwerte helfen bei der konkreten formalen und inhaltlichen Gestaltung des Informationsflusses. Nutzerspezifische Eigenschaften, wie altersbedingte Veränderungen, aber auch besondere Werthaltungen können auf diese Weise gezielt berücksichtigt werden.

### 3. Erfahrungen

Die Erfahrungen aus dem Pilotprojekt VenuS I zeigen zum einen, dass wesentliche Teile der Routinearbeit rechnergestützt und effektiv erledigt werden können aber andererseits menschliche Entscheidungen nach wie vor die Qualität der Lerneinheiten maßgeblich bestimmen. So liefern z. B. arbeitswissenschaftliche Erfahrungen beim halbautomatisierten Entwurf ergonomisch optimierter Bedienanleitungen im VenuS -I Projekt (Vorgehen zum effizienten Nachweis der Sicherheit und Benutzbarkeit rechnergestützter Leittechniksysteme, siehe Abbildung 2) auch aussichtsreiche Grundlagen für die methodische Gestaltung von Lerneinheiten.



**Abbildung 2:** Prozess der Handbucheerstellung im Projekt Venus I (Glöe & Hadler 2008)

In diesem Projekt wurden für Bedienanleitungen selten benutzter Steuersoftware Stylesheets für die formale Gestaltung und Templates für die Auswahl und Anordnung der Inhalte erstellt. Die Basis der Anleitung ist der mittels UML modellierte Informationsfluss einer Systemergonomischen Analyse. Solche Beispiele eignen sich besonders, weil hier die Kommunikation ausschließlich über definierte Wege (Eingabe- und Ausgabemedien) erfolgt, leicht erfassbar ist und der Handlungsraum der Software mit dem Code bekannt ist. Ein derartiges Werkzeug kann helfen formale Regeln und Erkenntnisse und die inhaltliche Vollständigkeit beim Entwurf neuer Lerneinheiten zu gewährleisten. Zudem wird die Lehrkraft von der Routinearbeit des formalen Designs entlastet. Das Template für das Benutzerhandbuch legt die inhaltliche Gliederung fest. Es werden dabei die Bestandteile wie Hauptfunktionen, Nebenfunktionen, Installationsanweisungen und Sicherheitshinweise u. ä. berücksichtigt. Die Stylesheets geben die formale Gestaltung, das Layout, vor. Das betrifft z. B. die Schriftparameter, die Absatzform oder den Ort im Handbuch. Nicht alle inhaltlichen und formalen Entscheidungen bei der Handbucherstellung können voll automatisiert ablaufen. Wenn die im System verankerten Entscheidungskriterien nicht ausreichen, d.h. wenn das System keine eindeutige Entscheidung treffen kann, wird eine Bedienabfrage ausgelöst. Mit einer abschließenden Checkliste kann das Ergebnis bewertet werden. In einem Folgeprojekt VenuS II wird das Verfahren evaluiert und die erstellten Vorlagen und Checklisten auch zur teilautomatisierten Prüfung bestehender Handbücher vorbereitet.

#### 4. Literatur

1. Bubb, H. 1993, Systemergonomische Gestaltung. In: H. Schmidtke (Hrsg.), Ergonomie, 3. Auflage. München: Hanser.
2. Bubb, H. 2008, Vorlesung Produktergonomie. München: Lehrstuhl für Ergonomie der Technischen Universität München.
3. Glöe, G. & Hadler, T. 2008, Vorgehen zum effizienten Nachweis der Benutzbarkeit und Sicherheit rechnergestützter Leittechniksysteme, Abschlussbericht, Reaktorsicherheitsforschung - Vorhaben-Nr.: 1501282, Bericht – Nr.: M.FOR.10.001.00\_1. Hannover: TÜV Nord.
4. EKIDES 2010, Ergonomisches Datenbanksystem. München: Lehrstuhl für Ergonomie der Technischen Universität München.

## Vereinbarkeit von Berufs- und Privatleben im Krankenhausbereich durch Gestaltung sozialverträglicher Arbeitszeiten

Thilo GAMBER, Mikko BÖRKIRCHER und Gert ZÜLCH

*Institut für Arbeitswissenschaft und Betriebsorganisation (ifab),  
Karlsruher Institut für Technologie (KIT),  
Kaiserstraße 12, D-76131 Karlsruhe*

**Kurzfassung:** Ausgehend von bereits ermittelten Arbeitszeitbedarfen und Einsatzplänen wird für den Krankenhausbereich ein agentenbasiertes Verfahren entwickelt, das sich zum Ziel setzt, eine auf das Individuum bezogene bessere Vereinbarkeit von Berufs- und Privatleben zu erreichen. Arbeitszeitbedarf und ein vorläufiger Einsatzplan werden als gegeben vorausgesetzt oder für modellhafte Untersuchungen idealtypisch erstellt. Der Fokus dieser Arbeit liegt auf der Vereinbarkeit von Familien- und Berufsleben, die mit der Gestaltung sozial verträglicher Arbeitszeiten verbessert werden soll.

**Schlüsselwörter:** Arbeitszeitgestaltung, Work-Life-Balance, Personaleinsatzplanung, Krankenhausorganisation.

### 1. Notwendigkeit zur Verbesserung von Einsatzplänen

Im Gesundheitsbereich besteht derzeit ein Mangel an qualifizierten Arbeitskräften, der im Laufe der Zeit noch zuzunehmen droht. Ärzte und Pflegepersonal, die bereits beruflich einer hohen Arbeitsbelastung ausgesetzt sind (z.B. durch ungeplante Patientenankünfte und 24-Stunden-Dienste), werden zu mehr Arbeit aufgefordert. Gesellschaftliche Bereiche, vor allem das Familienleben, aber auch Vereinsarbeit oder Sportinteressen rücken dabei tendenziell in den Hintergrund. Überdies stehen Krankenhäuser seit Jahren unter einem hohen Rationalisierungsdruck. Da sich die Finanzierung der Krankenhäuser (u.a. durch Fallpauschalen) nicht mehr an den tatsächlichen Kosten des einzelnen Krankenhauses orientiert (vgl. Henning et al. 1998, S. 142), liegt es im Interesse der Krankenhäuser, Kosten zu senken bzw. kostenbewusster zu arbeiten. Die Rechtsprechung des Gerichtshofes der Europäischen Union reduziert ferner die zur Verfügung stehende Kapazität des einzelnen Mitarbeiters. Ausgehend von bereits ermittelten Arbeitszeitbedarfen und vorgegebenen Einsatzplänen wird ein agentenbasiertes Verfahren entwickelt und durch Simulationsstudien evaluiert, das die ganzheitliche Zielsetzung einer besseren Vereinbarkeit von Berufs- und Privatleben im Sinne einer sozialverträglichen Arbeitszeitgestaltung verfolgt. Aufgrund der aktuellen Problematik soll der in diesem Beitrag vorgestellte Ansatz am Beispiel des ärztlichen und pflegerischen Personals in Krankenhäusern verifiziert werden. Damit soll ein Weg aufgezeigt werden, wie Berufs- und Privatleben besser miteinander vereinbart und gleichzeitig der Personalbedarf in Einklang sowohl mit betrieblichen und ökonomischen als auch mit personalorientierten Gesichtspunkten gebracht werden kann (vgl. zu Vorarbeiten Zülch et al. 2006, 2007, 2008a, 2008b).

## 2. Ziele für die Verbesserung von Einsatzplänen

Mit Hilfe des neuen Verfahrens soll ein bestehender Einsatzplan dadurch verbessert werden, dass persönliche Arbeitszeitpräferenzen der Mitarbeiter durch Modifikation dieses Planes besser berücksichtigt werden. Es wird dabei nicht auf die Erstellung eines initialen Einsatzplans fokussiert, sondern vielmehr auf einem bereits vorhandenen aufgebaut. Außerdem sollen keine neuen Methoden zur Ermittlung des Kapazitätsbedarfs entwickelt werden, da dieser im Einsatzplan bereits als vorgegeben angenommen wird (vgl. zu dieser Thematik z.B. Bogus 2002, S. 76). Mit Hilfe eines agentenbasierten Algorithmus sollen vielmehr für jeden Mitarbeiter individuell auf die persönlichen Bedürfnisse ausgerichtete Einsatzzeiten, z.B. durch Tausch mit anderen Mitarbeitern, generiert werden. Für jeden Mitarbeiter wird im Verbesserungsverfahren ein so genannter Agent, also ein elektronischer Vertreter, modelliert, der in seinem bestimmten Einsatzbereich mit eigenen Zielsetzungen agiert (vgl. z.B. Wooldridge 2002; Wooldridge & Jennings 1995). Es wird also davon ausgegangen, dass die Agenten selbst regulierende Systeme darstellen. Für die Kommunikation zwischen den Agenten sorgt ein Framework, das diese und andere Funktionen bereitstellt. Dieses Framework liefert für die vorliegende Untersuchung die Abbildung einer realen Krankenhausumgebung (Station oder Klinik) in die Modellwelt.

Arbeitszeitpräferenzen (vgl. Gauderer 2002, S. 91 ff.) stellen den Kern des hier vorgestellten Konzeptes dar; sie dienen dazu, im Modell Zeiträume zu markieren, in denen der Mitarbeiter seinen außerberuflichen Verpflichtungen möglichst gut nachgehen möchte. Beispielsweise wird ein Mitarbeiter mit Kindern seine arbeitsfreien Zeiten anders einteilen wollen als ein kinderloser. Die Herkunft und Motive der Präferenzen werden dabei nicht betrachtet.

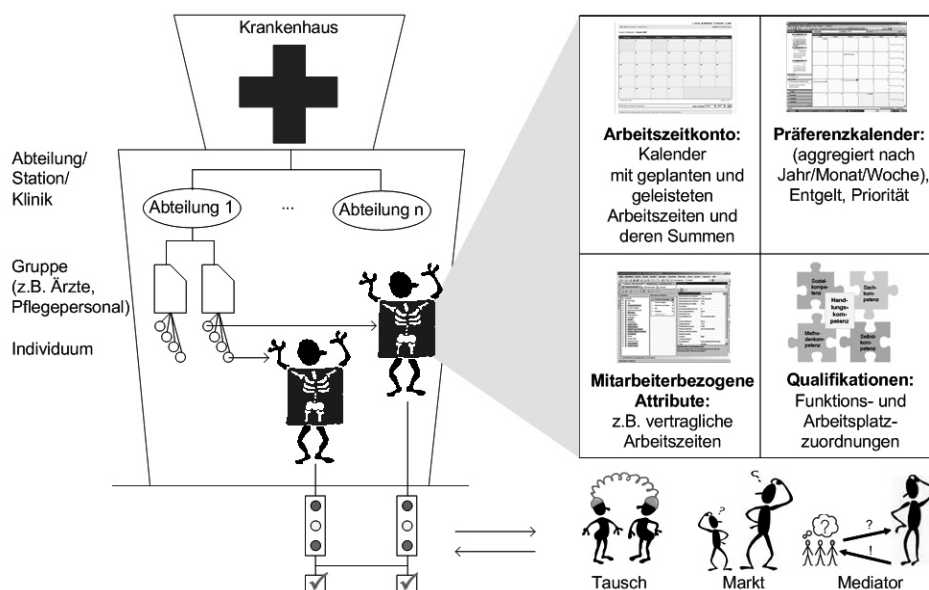
## 3. Mögliche Vorgehensweisen zur Verbesserung von Einsatzplänen

Um dieses Ziel zu erreichen, sollen bestehende Einsatzpläne, die jeweils für eine bestimmte Tätigkeits- bzw. Berufsgruppe festgelegt worden sind, hinsichtlich der Berücksichtigung individueller Arbeitszeitpräferenzen analysiert und nachfolgend verbessert werden. Dazu werden hier die Einsatzzeiten mit einem bereits bestehenden Verfahren auf der Basis eines geltenden Arbeitszeitmodells ermittelt (z.B. BASS 4.0, vgl. Nachreiner et al. 2005). Diese Ausgangslösung wird in das agentenbasierte Verbesserungsverfahren übernommen, um daraus dann einen neuen Einsatzplan zu ermitteln, der den individuellen Präferenzen besser entspricht (vgl. auch Gamber & Börkircher 2008).

Der Ansatz beinhaltet neben Arbeitszeit- auch Präferenzkonten, die für jeden Mitarbeiter angelegt werden und die individuellen Arbeitszeitwünsche widerspiegeln. Darüber hinaus erhält ein Agent Attribute zu seinen Qualifikationen und weitere mitarbeiterbezogene Merkmale, z.B. individuelle Restriktionen und rechtliche Regelungen (vertragliche Arbeitszeit, Länge und Lage des Ausgleichszeitraums, vgl. Abbildung 1). Das Arbeitszeitkonto ist bekanntlich ein Instrument zur Verwaltung ungleichmäßig verteilter Einsatzzeiten. Es dokumentiert die Ansprüche zwischen einem Mitarbeiter und dem Betrieb. Arbeitszeitkonten sind bekanntlich ein wichtiges Flexibilisierungsinstrument, da sie dem Ausgleich von Mitarbeiter- und Betriebsinteressen dienen. So können im Prinzip Mitarbeiter eigenständig Guthaben aus ihrem Arbeitszeitkonto für private Belange entnehmen, falls dies nicht mit rechtlichen Regelungen und betrieblichen Interessen sowie mit denen anderer Mitarbeiter kollidiert. Dies gilt



analog zugunsten des Betriebes bei einer Arbeitszeitschuld des Mitarbeiters.



**Abbildung 1:** Systematik des agentenbasierten Verfahrens zu Verbesserung der Vereinbarkeit von Berufs- und Privatleben

Übertragen auf den hier vorgestellten Ansatz führen die Agenten genauso wie die (realen) Krankenhausmitarbeiter ein individuelles Arbeitszeitkonto. Daneben erhalten die Agenten ein weiteres, nicht offen gelegtes (d.h. für keinen anderen Agenten einsehbares) Präferenzkonto, in dem die individuellen Wünsche des einzelnen Mitarbeiters aufgelistet sind. Diese mitarbeiterbezogenen Präferenzen werden entsprechend der Relevanz für den Mitarbeiter gewichtet und wie auch die Einsatzzeiten in einen Kalender eingetragen. Im Präferenzkonto kann hinterlegt werden, ob sich die Präferenzen des jeweiligen Mitarbeiters zu regelmäßigen Zeiten wiederholen oder nur gelegentlich auftreten.

Zwischen den Arbeitszeit- und Präferenzkonten innerhalb jeweils einer Tätigkeitsgruppe findet im Verbesserungsverfahren eine Abstimmung statt (z.B. Arzt mit Arzt bzw. Pflegeperson mit Pflegeperson). Grundlage dafür sind die im Agenten hinterlegten Attribute, in diesem Fall zur Modellierung der Qualifikation. Erholungsurlaube oder geplante Abwesenheiten sind dabei bereits im bestehenden Einsatzplan berücksichtigt. Da es sich hier um ein Planungs- und nicht um ein Steuerungsverfahren handelt, findet im Falle einer nicht geplanten Abwesenheit, beispielsweise durch Krankheit, keine Abstimmung statt, da nicht unmittelbar die Präferenzen betroffen sind. Im Sinne einer Personaleinsatzsteuerung ist in diesem Falle eine Ersatzperson für den ausgefallenen Mitarbeiter zu finden.

Dringende Termine oder Mitarbeiterwünsche werden zwischen den Agenten einer Tätigkeitsgruppe verhandelt. Ein Ergebnis der Verhandlungen kann z.B. sein, dass der Einsatzplan eines Mitarbeiters, der jeweils gleichartige und häufig wiederkehrende Präferenzen aufweist, entsprechend längerfristig angepasst wird. Weiterhin kann die individuelle Güte des Einsatzplanes anhand von Kennzahlen (z.B. Verhältnis der erfüllten Tauschwünsche zu bestehenden Tauschwünschen) bewertet werden oder auch auftretende Tauschwünsche mit anderen Mitarbeitern untereinander verglichen werden (z.B. Anzahl der erfüllten Tauschwünsche eines jeden Mitarbeiters), um so Rückschlüsse auf die bisherige Arbeitszeitgestaltung zu ziehen. Inwieweit man bereits gute Einsatzpläne überhaupt durch dieses Verfahren verbessern kann und ob

man Rückschlüsse auf die systematische Erstellung personalorientierter Einsatzpläne erzielen kann, bleibt abzuwarten. Die Erfüllung der individuell hinterlegten Präferenzen zur Arbeitszeitgestaltung kann im Verfahren durch die Anwendung verschiedener Strategien sukzessive verbessert werden. Zu den Verhandlungsstrategien zwischen den Agenten ist anzumerken, dass die verwendete Modellierung einen Informationsaustausch zwischen den Agenten vorsieht. Folgende Strategien für die Verhandlung zwischen den Agenten sind anwendbar: von der Verhandlung zweier (virtueller) Mitarbeiter bzgl. ihrer Einsatzzeiten, über Verhandlungen zwischen mehreren Mitarbeitern bis hin zu einem (virtuellen) Moderator, der versucht, zwischen den Mitarbeitern unter Berücksichtigung des geltenden Arbeitsrechts sowie arbeitswissenschaftlicher Erkenntnisse unparteiisch zu vermitteln. Die Agenten versuchen, durch Tausch ihrer persönlichen Einsatzzeiten den aus ihren Präferenzen resultierenden Nutzen zu verbessern. Dabei können beispielsweise ganze Schichten, aber auch kürzere, frei wählbare Einsatzzeitkorridore getauscht werden. Voraussetzung ist, dass die tauschwilligen Agenten im betrachteten Zeitraum auch eingesetzt sind. Das hier vorgestellte und sich in der weiteren Entwicklung befindende Verfahren soll einen Beitrag zur Verbesserung der individuellen Arbeitszeiten leisten. Der Mensch steht dabei im Mittelpunkt der Betrachtung, wobei die Einhaltung betrieblicher Belange Grundvoraussetzung ist. Insgesamt soll damit eine bessere Vereinbarkeit von Berufs- und Privatleben erreicht werden.

#### 4. Literatur

1. Bogus, T. 2002, Simulationsbasierte Gestaltung von Arbeitszeitmodellen in Dienstleistungsbetrieben mit kundenfrequenzabhängigem Arbeitszeitbedarf. Aachen: Shaker Verlag.
2. Gamber, T. & Börkircher, M. 2008, Vereinbarkeit von Familien- und Berufsleben bei der Gestaltung flexibler Arbeitszeiten. In: Deutscher Studienpreis (Hrsg.), Mittelpunkt Mensch. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften, S. 227-247.
3. Gauderer, P.C. 2002, Individualisierte Dienstplangestaltung – Ein partizipativer Ansatz zur Flexibilisierung der Arbeitszeit des Fahrpersonals im Öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV). Frankfurt am Main: Lang.
4. Henning, K., Isenhardt, I. & Flock, C. 1998, Kooperation im Krankenhaus. Bern: Verlag Huber.
5. Wooldrige, M. 2002, An introduction to Multi Agent Systems. Chichester: Wiley.
6. Nachreiner, F., Schonmann, C., Stapel, W., Nickel, P., Eden, J., Grzech-Sukalo, H., Hänecke, K. & Albrecht, N. 2005, Softwaregestützte Arbeitszeitgestaltung mit BASS 4. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW.
7. Wooldrige, M. & Jennings, N. 1995, Intelligent Agents: Theory and Practice, Knowledge Engineering, 10, 115-152.
8. Zülch, G., Stock, P. & Hrdina, J. 2006, Simulationsbasierte Gestaltung flexibler Arbeitszeiten im Krankenhaus. In: S. Wenzel (Hrsg.), Simulation in Produktion und Logistik 2006. San Diego: SCS Publishing House, S. 183-192.
9. Zülch, G., Stock, P. & Hrdina, J. 2007, Process Optimization and Efficient Personnel Employment in Hospitals. In: K.-H. Waldmann & U.M. Stocker (Hrsg.), Operations Research Proceedings 2006. Berlin: Springer-Verlag, S. 325-330.
10. Zülch, G., Stock, P. & Hrdina, J. 2008a, Prozessoptimierung und effizienter Personaleinsatz im Krankenhaus durch die Einführung klinischer Pfade. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg.), Produkt- und Produktions-Ergonomie – Aufgabe für Entwickler und Planer. Dortmund: GfA-Press, S. 375-378.
11. Zülch, G., Stock, P., Hrdina, J. & Gamber, T. 2008b, Arbeitszeitgestaltung mit Hilfe der Simulation. In: P. Scharff (Hrsg.), Arbeitsgestaltung für KMU. Ilmenau: Verlag ISLE, S. 51-58.

# Arbeitszeit und Lebenszeit. Auswirkung des Wandels der Zeitauffassung auf das betriebliche Miteinander

Detlev JUNG<sup>1,2</sup> und Johannes JUNG<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Betriebsärztliche Station ZDF, 55100 Mainz

<sup>2</sup> Institut für Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin der Universität Mainz,  
Obere Zahlbacher Str. 67, D-55131 Mainz

**Kurzfassung:** Mit dem Verlust der Ewigkeit und dem Zurückgeworfensein auf die beschränkte individuelle Lebensspanne hat sich das Verhältnis des Menschen zur Zeit, mit der Einführung der Marktwirtschaft sein Verhältnis zur (Lohn)arbeit grundlegend verändert. Die Lebenszeit wird als (für Lohn) verhandelbare Ware, aber auch als rares und einziges im eigentlichen Sinne dem Menschen gehörendes Gut begriffen. Die Bedeutung dieser veränderten Sichtweise auf die Einstellung zur Arbeit kann dazu beitragen, die Arbeit über das Instrument des Lohnerwerbs hinaus als sinnstiftende Funktion im Sinne des Lebenssinns zu begreifen. Die historisch-philosophische Perspektive auf Arbeit und Zeit gibt die Möglichkeit, Ursachen dieser Einstellung sowie daraus erwachsende Aufgaben von Arbeitgeber und Arbeitnehmer in diesem Kontext zu definieren.

**Schlüsselwörter:** Lebenszeit, Arbeit, Lebenssinn.

## 1. Einleitung

In der betriebsärztlichen Praxis ist die Frage nach der Entfremdung von der Arbeit als Ursache für Motivationsverlust oder auch von Gesundheitsstörungen nicht selten. Aber auch im politischen Rahmen, etwa bei der alleinigen Fokussierung auf die Arbeitszeit (35-Stunden-Woche) im Rahmen von Tarifverhandlungen, kommt die Frage auf, warum es so schwierig ist, die Arbeit auch unter dem Gesichtspunkt der Sinngebung zu sehen. Die Betrachtung der Arbeit unter dem Blickwinkel der Zeit kann hierfür möglicherweise Erklärungsmuster liefern.

## 2. Methodik und Ergebnisse

Historischer Ursprung des Spannungsfeldes der Zeit ist der mit der Aufklärung und dem Rationalismus einhergegangene Verlust der Ewigkeit. Das Versprechen der Religion, dass der Mensch in die Ewigkeit Gottes eingehen wird, in ein Dasein, in dem nach Augustinus Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft koinzidieren und die Zeit keine Bedeutung hat, hatte den gläubigen Menschen dem Dilemma der begrenzten Lebensspanne enthoben. In der Neuzeit ist genau diese Sicherheit, das Vertrauen, dass damit auch die Beschränkung der Lebenszeit keine Bedeutung hat, dass sie nur das Jammertal ist, das auf dem Weg zur Ewigkeit durchschritten werden muss, in ihren Grundfesten erschüttert worden. Blumenberg beschreibt in „Lebenszeit und Weltzeit“ eindringlich den Menschen, der nun in der Suche nach dem Sinn des Lebens in seiner beschränkten Lebenszeitspanne versucht, die Welt komplett zu erfahren und zu gestalten. Letztendlich ist dies ein vergebliches Unterfangen. Zwar ver-

längert sich die Lebensspanne dank moderner Hygiene und medizinischer Möglichkeiten. Zwar versucht der Mensch mehr denn je, Zeit zu sparen, indem er Kommunikationszeiten durch Telefon und Handy statt Briefen, Reisezeiten durch Flugzeuge und Autos statt Postkutschen und Informationszeiten durch das Internet statt Bibliotheksrecherchen verkürzt, also ökonomisiert. Auch das Multitasking, das Hineinzwängen mehrerer Tätigkeiten in einen Zeitabschnitt, soll Zeit sparen. Gleichzeitig jedoch werden genau durch dieselben Werkzeuge exponentiell mehr Möglichkeiten, die die Welt bietet, aufgezeigt und Hoffnungen geweckt, dass diese auch erreichbar seien. Die Kommunikation mittels Handy oder Internet ist sprunghaft angestiegen, Reiseziele überall auf dem Globus, ob beruflich oder privat, rücken in den Bereich des Möglichen und damit auch des Erstrebenswerten, und das Internet bietet eine immense Fülle von Möglichkeiten des Wissens an. Durch dieses Angebot, potentiell an Allem teilzuhaben, was die Welt bietet, wird aber aufgrund der begrenzten individuellen Lebenszeit für das Erfahren und das Gestalten der eigenen Welt vor Allem Eines verlangt, nämlich Bewertung und damit den Zwang zur Selbstbegrenzung.

Auch die Einstellung zur Arbeit hat einen erheblichen historischen Wandel hinter sich. Entscheidend für die weiteren Erörterungen ist der Übergang zur Geldwirtschaft. Mit Geld wurden nicht nur Waren im Tauschhandel untereinander vergleichbar gemacht, mit Geld wurde auch die Lohnarbeit, damit die Arbeitszeit und in Konsequenz die Lebenszeit zur verhandelbaren Ware. Das vorherrschende Gefühl des Menschen ist nicht mehr, dass er in ihr lebt, sondern er rechnet und knausert mit seiner Zeit. Sie wird als rares und einziges im eigentlichen Sinne dem Menschen gehörendes Gut begriffen. Folgerichtige Konsequenz dieser Einstellung zur Lohnarbeit als verkaufte Zeit muss von Seiten des Arbeitnehmers sein, möglichst wenig davon zu veräußern (Arbeitszeitverkürzung), solange sie, die Lohnarbeitszeit, ohne Auswirkungen auf den Sinn des Lebens zu sein scheint.

An der prinzipiellen Beschränktheit der Lebenszeit lässt sich nichts ändern, ebenso wenig an der in der arbeitsteiligen Welt wohl notwendigen Lohnarbeit. Es ist aber wichtig zu fragen, weshalb die Arbeits- und damit Lebenszeit allein dadurch, dass sie für Lohn verkauft worden ist, unwirksam bezüglich des Sinns des Lebens und unserer Suche danach sein soll. Dieselbe „Zeit raubende“ Tätigkeit (z.B. Mithilfe beim Hausbau, Erstellen einer Steuererklärung) wird im Rahmen der Nachbarschaftshilfe problemlos als sozial und gesellschaftlich relevant - und damit sinnhaft verwendet - eingeordnet, in der Arbeitswelt aber häufig abseits einer Sinngenerierung allein als Mittel zum Erwerb des Lebensunterhalts gesehen.

Arbeitnehmer wie Arbeitgeber können aber zur Erkenntnis beitragen, dass die Arbeit über das Instrument des Lohnerwerbs hinaus als Lebenssinn stiftende Funktion begriffen wird.

Ideal für den Arbeitnehmer ist, die Arbeit als Hobby, als individuell und gesellschaftlich Sinn stiftende Bestimmung zu begreifen. Er wird die Arbeitszeit dann nicht als verlorene Zeit bewerten. An dieser Einstellung kann auch gearbeitet werden.

Auch dem Arbeitgeber, den Vorgesetzten kommen wesentliche Aufgaben zu, nämlich

- den MitarbeiterInnen den Sinn des betrieblichen Produktes und des individuellen Arbeitsanteils daran – der darauf verwendeten Zeit - transparent zu machen,
- für eine Zielorientierung der Tätigkeit zu sorgen, die den MitarbeiterInnen das Erkennen eines Mehrwerts seines Tuns über den reinen Lohnerwerb hinaus ermöglicht, und
- den Einsatz persönlicher (der MitarbeiterInnen) und materieller (des Betrieb)

Ressourcen so zu organisieren, dass die zur Verfügung gestellte Arbeitszeit auch optimal verwendet (verbraucht) werden kann.

### 3. Fazit

Wird in der Arbeit mehr gesucht als Lohnerwerb, wird in ihr insbesondere auch die Möglichkeit der Erfüllung von Lebenszielen gesehen, so ist unter der Perspektive der Lebenszeit immer wieder die Frage zentral: „Ist der Umgang mit meiner für die Arbeit zur Verfügung gestellten (Lebens-)Zeit korrekt, ist er sorgsam?“ Kann diese Frage positiv beantwortet werden, so verliert auch der Begriff der work-life-balance im Sinne des „hier die Arbeit, dort das eigentliche Leben“ seine Brisanz.

### 4. Literatur

1. Augustinus, Die Bekenntnisse des heiligen Augustinus, in der Übersetzung von Otto F. Lachmann. Im Internet verfügbar unter:  
[http://gutenberg.spiegel.de/?id=5&xid=115&kapitel=1#gb\\_found](http://gutenberg.spiegel.de/?id=5&xid=115&kapitel=1#gb_found).
2. Blumenberg, H. 2001, Lebenszeit und Weltzeit. Frankfurt am Main: Suhrkamp.
3. Hoffmann, H. & Kramer, D. (Hrsg.) 1994, Arbeit ohne Sinn? Sinn ohne Arbeit?. Weinheim: Verlag Beltz Athenäum.





# Effekte der Arbeitszeitgestaltung auf die Work-Life-Balance und psychovegetative Beeinträchtigungen

Anna WIRTZ und Friedhelm NACHREINER

GAWO e.V.,  
Achterdiek 50, D-26131 Oldenburg

**Kurzfassung:** Mit Hilfe von Strukturgleichungsmodellen wurden die Effekte der Arbeitszeitgestaltung auf die Work-Life-Balance (WLB) und die Gesundheit von Erwerbstätigen ermittelt und im Rahmen einer Kreuzvalidierung über mehrere Stichproben hinweg verglichen. Dabei zeigten sich überaus konsistente negative Effekte von langen und/oder in der Lage versetzten Arbeitszeiten sowohl auf die WLB als auch auf die psychovegetative Gesundheit.

**Schlüsselwörter:** Lange Arbeitszeiten, Schichtarbeit, Gesundheit, Vereinbarkeit.

## 1. Einleitung

In einer Reihe bisheriger Studien konnten übereinstimmend in verschiedenen Stichproben Beeinträchtigungen des gesundheitlichen und sozialen Wohlbefindens der Beschäftigten durch lange Arbeitszeiten gezeigt werden (z. B. Rädiker et al. 2006; Rütters et al. 2008; Wirtz et al. 2009a,b). Bei der Kreuzvalidierung der Ergebnisse aus unterschiedlichen Stichproben wurde jedoch bislang die Vergleichbarkeit erschwert durch verschiedene Operationalisierungen der untersuchten Konstrukte (Arbeitszeitmerkmale, gesundheitliche und soziale Beeinträchtigungen). Die Anwendung von Strukturgleichungsmodellen sollte dazu dienen, von den jeweiligen konkreten Operationalisierungen zu abstrahieren und auf Konstruktebene zu argumentieren. Im Rahmen einer Kreuzvalidierung eines Strukturgleichungsmodells über mehrere Stichproben sollten die Zusammenhänge zwischen Merkmalen der Arbeitszeitgestaltung, der berichteten Work-Life-Balance und dem Auftreten psychovegetativer Beeinträchtigungen in verschiedenen Stichproben auf ihre strukturelle Übereinstimmung hin untersucht werden. Lassen sich in mehreren, unabhängigen Stichproben übereinstimmende strukturelle Beziehungen zwischen der Arbeitszeitgestaltung, der Work-Life-Balance und gesundheitlichen Beeinträchtigungen nachweisen, so erhöht dies die Validität der Einzelergebnisse substantiell und sichert die Ergebnisse gegenseitig ab.

## 2. Methode

Zur Untersuchung dieser Fragestellungen standen vier Datensätze aus Deutschland und Europa für Sekundärdatenanalysen zur Verfügung (siehe Tabelle 1), in denen mittels Interviews bzw. Fragebogen subjektive Angaben zu den Arbeitsbedingungen, wie etwa zum Arbeitszeitsystem und zur Belastung am Arbeitsplatz, sowie zu gesundheitlichen Beschwerden von Erwerbstätigen erfasst wurden. Darüber hinaus wurde erfragt, wie die Beschäftigten die Vereinbarkeit ihres Berufes mit ihren privaten Interessen beurteilen. In die Analysen wurden nur abhängig Beschäftigte – die

in vollem Umfang dem Arbeitsschutz unterliegen und ihre Arbeitszeiten nur begrenzt autonom festlegen können – einbezogen.

**Tabelle 1:** Beschreibung der verwendeten Stichproben

Befragung	Herkunft, Jahr	N	Notation	Stichproben-Beschreibung und Quelle
„Was ist Gute Arbeit?“	DE 2004	3.455	GA 2004	Fuchs (2006)
BIBB/BAuA Erwerbstätigenbefragung	DE 2006	16.005	BB 2006	BIBB/BAuA (2006)
3. Europäische Umfrage über die Arbeitsbedingungen	EU 15 2000	16.793	EU 2000 (EU 15)	Merllié & Paoli (2002)
4. Europäische Umfrage über die Arbeitsbedingungen	EU 15 2005	11.041	EU 2005 (EU 15)	Parent-Thirion et al. (2008)

Als unabhängige Variablen dienten die berichtete durchschnittliche Dauer der tatsächlichen wöchentlichen Arbeitszeit sowie das Konstrukt „Lage der Arbeitszeit“, das sich zusammensetzt aus der Häufigkeit von Arbeit an Samstagen, Sonntagen und in der Nacht sowie Schichtarbeit. Als abhängige Variable wurde das Konstrukt „Psychovegetative Beeinträchtigungen“ (PVB) verwendet, welches durch Angaben zu verschiedenen gesundheitlichen Beschwerden operationalisiert wurde. Die latenten Variablen in den Strukturmodellen wurden mittels konfirmatorischer Faktorenanalyse aus den beobachteten Variablen gebildet.

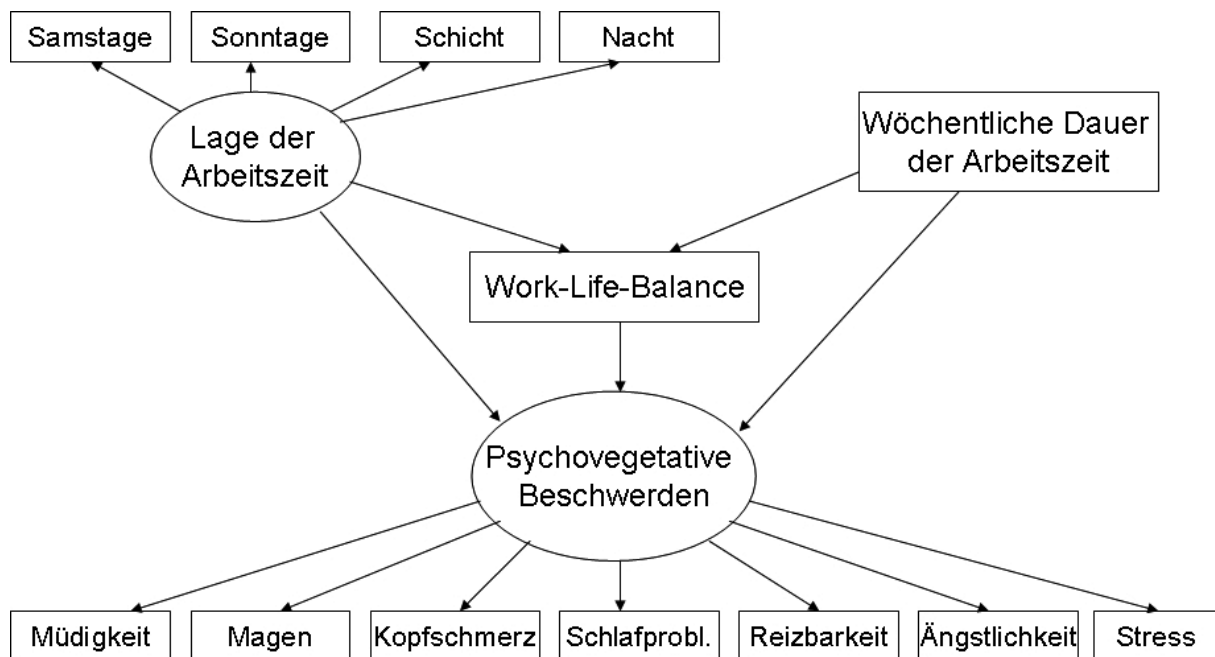
Die berichtete Vereinbarkeit zwischen Beruf und privaten Interessen (Work-Life-Balance, WLB) wurde auf moderierende Effekte des Zusammenhangs zwischen der Arbeitszeitgestaltung und den PVB getestet. Auf Basis vorhergehender Untersuchungen wurde ein kausales Strukturgleichungsmodell aufgestellt und die Daten an dieses angepasst. Neben der Faktorenanalyse zur Bildung latenter Variablen wurden simultane Regressionsanalysen berechnet. Die ermittelten Regressionskoeffizienten bestimmen die Gewichtung der kausalen Pfade. Die Anpassungsgüte sowie die Stärke der Zusammenhänge (standardisierte Pfadkoeffizienten) wurden über die vier Datensätze hinweg auf ihre strukturelle Übereinstimmung untersucht.

### 3. Ergebnisse

In Abbildung 1 sind die Effekte der Arbeitszeitgestaltung auf die Work-Life-Balance und auf die Gesundheit (PVB) dargestellt. Latente Variablen sind in Ellipsen, gemessene Variablen in Rechtecken dargestellt. Die Wirkrichtungen sind durch Pfeile gekennzeichnet. Die Pfadkoeffizienten für alle vier Stichproben sind aus Gründen der Übersichtlichkeit gesondert in Tabelle 2 aufgeführt. In Tabelle 2 ist zu erkennen, dass das Risiko für PVB mit zunehmender Arbeitsdauer und mit steigender Häufigkeit von Arbeit am Wochenende/in der Nacht/in Schichten zunimmt. Die Ausprägung der Pfadkoeffizienten deutet dabei darauf hin, dass eine biologisch und sozial ungünstige Lage der Arbeitszeit die Gesundheit tendenziell etwas stärker beeinträchtigt als die

(reine) Zunahme der wöchentlichen Arbeitsdauer.

In Tabelle 2 ist weiterhin zu erkennen, dass sich die berichtete Work-Life-Balance erwartungsgemäß verschlechtert, je mehr Arbeitsstunden geleistet werden und je häufiger die Befragten zu potenziell ungünstig gelegenen Zeiten arbeiten. Während Lage und Dauer der Arbeitszeit in den Befragungen GA 2004 und BB 2006 einen ähnlich starken Effekt auf die Höhe der WLB ausüben, wirkt sich die Lage in den europäischen Umfragen deutlich stärker negativ auf die WLB aus als die Dauer. Ein Absinken der WLB erhöht andererseits wiederum das Risiko für die PVB. Die Merkmale der Arbeitszeit (Dauer und Lage) wirken somit sowohl direkt auf die Höhe der gesundheitlichen Beeinträchtigungen als auch indirekt über die wahrgenommene WLB. Die indirekten Effekte scheinen dabei stärker zu sein als die direkten Effekte, was für eine hohe Bedeutsamkeit der WLB als Moderator der Zusammenhänge zwischen Arbeitszeitmerkmalen und gesundheitlichen Beschwerden spricht.



**Abbildung 1:** Strukturmodell der Effekte der Arbeitszeitgestaltung auf die Work-Life-Balance und psychovegetative Beschwerden

**Tabelle 2:** Vergleich der Pfadkoeffizienten für Abbildung 1 über alle verwendeten Stichproben

Stichprobe	Dauer → PVB	Dauer → WLB	Lage → PVB	Lage → WLB	WLB → PVB
EU 2005	.06	-.18	.09	-.33	-.22
EU 2000	.06	-.17	.11	-.35	-.24
BB 2006	.04	-.22	.14	-.19	-.22
GA 2004	.06	-.24	.01(n.s.)	-.13	-.29

In Tabelle 3 sind verschiedene Indikatoren für die Anpassungsgüte der Daten an das in Abbildung 1 dargestellte Strukturmodell aufgeführt. Dabei wurden die gängigen Indizes „Comparable Fit Index“ (CFI), „Normed Fit Index“ (NFI) sowie die Fehler-schätzung „Root Mean Square Error of Approximation“ (RMSEA) gewählt. CFI und NFI sollten > .900 betragen, um auf eine akzeptable Anpassungsgüte schließen zu lassen; Werte von > .950 werden als ausgesprochen gute Anpassung bezeichnet.

Der RMSEA hingegen sollte  $< 0.05$  betragen, um auf eine sehr gute Modellanpassung schließen zu können. Alle gewählten Indikatoren lassen damit in allen vier Stichproben eine gute bis sehr gute Modellanpassung erkennen. Die Daten repräsentieren das postulierte kausale Modell folglich sehr gut.

**Tabelle 3:** Indikatoren der Anpassungsgüte

Stichprobe	CFI	NFI	RMSEA
EU 2005	.964	.962	.048
EU 2000	.943	.941	.043
BB 2006	.949	.947	.041
GA 2004	.955	.937	.049

#### 4. Diskussion und Schlussfolgerungen

Die Forderung nach hinreichenden Möglichkeiten zur sozialen Teilhabe kann ebenso wie die der Erhaltung des gesundheitlichen Wohlbefindens bei langen und/oder in ihrer Lage versetzten, sozial ungünstigen Arbeitszeiten offensichtlich nicht mehr uneingeschränkt erfüllt werden. Dies ließ sich über vier Stichproben hinweg anhand strukturell äußerst ähnlicher Zusammenhänge zeigen, wobei das eingesetzte Strukturmodell in allen vier Stichproben eine ausgesprochen hohe Anpassungsgüte aufweist. Damit konnten die Einzelergebnisse anhand der Kreuzvalidierung über vier unabhängige Stichproben hinweg abgesichert werden und können damit, auch unter Einbeziehung anderer vorliegender Ergebnisse, als arbeitswissenschaftlich gesicherte Erkenntnisse betrachtet werden, die bei der Gestaltung der Arbeitszeit zu berücksichtigen sind.

#### 5. Literatur

1. BIBB/BAuA-Erwerbstätigenbefragung 2006. Im Internet verfügbar unter: <http://www.baua.de/arbeitsbedingungen>.
2. Fuchs, T. 2006, Was ist Gute Arbeit? Anforderungen aus der Sicht von Erwerbstätigen. Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin.
3. Merllié, D. & Paoli, P. 2002, Dritte europäische Umfrage über die Arbeitsbedingungen 2000. Luxemburg: Amt für amtliche Veröffentlichungen der Europäischen Gemeinschaft.
4. Parent-Thirion, A., Fernández Macías, E., Hurley, J. & Vermeylen, G. 2008, Vierte Europäische Erhebung über die Arbeitsbedingungen. Luxemburg: Amt für amtliche Veröffentlichungen der Europäischen Gemeinschaften.
5. Rädiker, B., Janßen, D., Schomann, C. & Nachreiner, F. 2006, Extended working hours and health, *Chronobiology International*, 23, 1305-1316.
6. Rütters, I., Nachreiner, F., Horn, D., Giebel, O., Schomann, C. & Wirtz, A. 2008, Die Effekte langer Arbeitszeiten auf Gesundheit und Wohlbefinden - Ergebnisse einer Kreuzvalidierungsstudie. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg.), Produkt- und Produktions-Ergonomie - Aufgabe für Entwickler und Planer. Dortmund: GfA-Press, S. 387-390.
7. Wirtz, A., Beermann, B. & Nachreiner, F. 2009a, Beeinträchtigungen der sozialen Teilhabe bei langen Arbeitszeiten. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg.), Arbeit, Beschäftigungsfähigkeit und Produktivität im 21. Jahrhundert. Dortmund: GfA-Press, S. 385-388.
8. Wirtz, A., Nachreiner, F., Beermann, B., Brenscheidt, F. & Siefer, A. 2009b, Lange Arbeitszeiten und Gesundheit. Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin. Im Internet verfügbar unter: [http://www.baua.de/nn\\_11598/de/Publikationen/Fachbeitraege/artikel20,xv=vt.pdf?](http://www.baua.de/nn_11598/de/Publikationen/Fachbeitraege/artikel20,xv=vt.pdf?)

# Feierabend ist Feierabend! – Strategien zur Trennung von Arbeit und Privatleben und deren Einfluss auf psychische Gesundheit und Leistungsfähigkeit

Sascha HAUN<sup>1</sup>, Verena C. HAHN<sup>1</sup>, Carmen BINNEWIES<sup>1</sup>, Grit CARRAS<sup>2</sup>,  
Christian DORMANN<sup>1</sup> und Uwe SCHMIDT<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Abteilung für Arbeits-, Organisations- und Wirtschaftspsychologie,  
Johannes Gutenberg-Universität Mainz, Wallstraße 3, D-55122 Mainz

<sup>2</sup> Zentrum für Qualitätssicherung und -entwicklung,  
Johannes Gutenberg-Universität Mainz, Forum universitatis 4, D-55099 Mainz

**Kurzfassung:** Berufsgruppen wie Manager oder Wissenschaftler haben in der Regel eine weitaus größere Autonomie bei der Festlegung von Arbeitszeit und -ort als dies in anderen Berufsgruppen üblich ist. Derartige Freiheiten in der Gestaltung der eigenen Arbeit können einerseits die Vereinbarkeit von Arbeit und Privatleben erleichtern, andererseits aber die Abgrenzung dieser beiden Bereiche und damit die Erholung von der Arbeit (z.B. abschalten von der Arbeit, sich entspannen) erschweren. Eine erfolgreiche Erholung von der Arbeit ist zentral, um gesund und leistungsfähig zu bleiben. Vor diesem Hintergrund ist es wichtig zu untersuchen, wie Menschen die Bereiche Arbeit und Privatleben trennen und welche Trennungsstrategien dabei besonders effektiv sind. Auf der Grundlage früherer Forschung haben wir eine Fragebogenskala zur Erfassung von Trennungsstrategien entwickelt und validiert. Zu diesen Trennungsstrategien gehören zeitliche, räumliche, kognitive, kommunikative und behaviorale Strategien. In einer Untersuchung an 200 Promovierenden und wissenschaftlichen Universitätsmitarbeitern standen alle Arten von Strategien in engem Zusammenhang mit Erholungserfahrungen. Gerade die zeitlichen und kognitiven Strategien, wie z.B. nicht in der Freizeit zu arbeiten bzw. arbeitsbezogene Gedanken in der Freizeit zu unterdrücken erwiesen sich als besonders prädiktiv für Erholung, Arbeitszufriedenheit und Arbeitsengagement. Die Ergebnisse stellen eine Bestätigung der entwickelten Fragebogenskala dar, die nun als Grundlage für die weitere Erforschung der Trennung von Arbeit und Privatleben dienen kann.

**Schlüsselwörter:** Work-Life-Balance, Erholung.

## 1. Einleitung

Um auch langfristig gesund und leistungsfähig zu bleiben, ist ein erholsames Privatleben als Ausgleich zur Arbeit notwendig. Einen wichtigen Wirkmechanismus stellen dabei Erholungsprozesse in der arbeitsfreien Zeit dar (Binnewies et al. 2009). In der modernen Arbeitswelt schwimmt oftmals die Grenze zwischen Arbeit und Privatleben durch flexibilisierte Arbeitszeiten, durch Telearbeit, das Arbeiten unterwegs und nicht zuletzt durch Überstunden. Wenn aber die Grenze zwischen Arbeit und Privatleben nicht klar gezogen ist, kann es Personen schwer fallen, sich effektiv zu erholen. Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage, mit welchen Strategien es Be-



rufstätigen gelingen kann, Arbeit und Privatleben zu trennen. Berufe, in denen eine Abgrenzung der Arbeitsrolle von der privaten Rolle prinzipiell erschwert ist, machen den Einsatz von Strategien zur Trennung der beiden Lebensbereiche besonders notwendig (Kreiner et al. 2009). Kreiner et al. (2009) untersuchten deshalb spezifische Strategien zur Trennung von Arbeit und Privatleben in zwei qualitativen Untersuchungen. Dabei konnten sie vier Klassen von Strategien unterscheiden: (1) behaviorale Strategien (z.B. der Einsatz von technischen Hilfsmitteln wie Anrufbeantworter), (2) zeitliche Strategien (z.B. Einteilung von Arbeitszeit), (3) räumliche Strategien (getrennte Arbeits- und Freizeitbereiche) und (4) kommunikative Strategien (z.B. Kollegen darauf ansprechen, wenn sie die Trennung zwischen Arbeit und Privatleben verletzen). Kreiner et al. (2009) wählten Priester als Stichprobe, da diese im Hinblick auf die Probleme einer Grenzziehung zwischen privater und beruflicher Rolle eine ähnliche Extremgruppe darstellen wie Manager oder Freiberufler und die Trennungsprozesse deshalb besonders gut zu beobachten sein sollten. Auch die Gruppe des wissenschaftlichen Hochschulpersonals kann als prototypisch für die Gefahr einer unklaren Grenze zwischen Arbeit und Privatleben gelten. Aufgrund ihres vergleichsweise hohen zeitlichen und räumlichen Handlungsspielraumes stellt die Trennung zwischen Arbeit und Privatleben für wissenschaftliches Hochschulpersonal eine größere Herausforderung dar als für andere Berufsgruppen. Da es bislang noch keine quantitativen Forschungsergebnisse gibt, die die Effektivität von Strategien zur Trennung von Arbeit und Privatleben beleuchten, gehen wir im vorliegenden Beitrag der Frage nach, welche Strategien bei wissenschaftlichem Hochschulpersonal die Trennung von Arbeit und Privatleben erleichtern und dadurch eine effektivere Erholung ermöglichen. Ziel unserer Untersuchung ist die Validierung eines neu entwickelten Instrumentes zur quantitativen Erfassung von Trennungsstrategien. Dazu werden Zusammenhänge der verschiedenen Trennungsstrategien mit verschiedenen Indikatoren für Gesundheit und Leistungsfähigkeit untersucht. Wir nehmen an, dass sich der Einsatz von Strategien zur Trennung von Arbeit und Privatleben positiv auf verschiedene Erholungserfahrungen, aber auch auf die Arbeitszufriedenheit und das Arbeitsengagement auswirkt.

## 2. Methode

Für die Validierung der Trennungsskalen wählten wir ein zweistufiges Vorgehen. Nach der Entwicklung der Items wurde zunächst die Inhaltsvalidität durch Experten beurteilt. Das daraus resultierende Instrument wurde dann Promovierenden und wissenschaftlichen Mitarbeitern vorgelegt, um die faktorielle Struktur der Items und die prädiktive Validität der resultierenden Skalen im Hinblick auf Erholung, Arbeitszufriedenheit und Arbeitsengagement zu überprüfen.

### 2.1 Erstellung der Trennungsskalen

Basierend auf der Taxonomie von Trennungsstrategien von Kreiner und Kollegen (2009) wählten wir in einem ersten Schritt alle für unsere quantitative Forschung an Hochschulpersonal geeigneten Kategorien und Unterkategorien aus. Zusätzlich ergänzten wir eine Kategorie der kognitiven Strategien, da auch eine kognitive Trennung von Arbeit und Privatleben (d.h. psychologisches Abschalten von der Arbeit) zentral für das Wohlbefinden ist (Sonnentag et al. 2009). Für alle Strategien generierten wir einen Itempool. In einem ersten Validierungsschritt wurden zwei Gruppen von



Experten, bestehend aus promovierten Psychologen, Psychologiedoktoranden und -studierenden im fortgeschrittenen Studium (zusammen  $N = 25$ ), jeweils die Hälfte der Items vorgelegt, die sie den Trennungsstrategien zuordnen sollten. Im nächsten Schritt wurden alle Items entfernt, die nicht von mindestens 80% der Befragten der richtigen Strategie zugeordnet worden waren. Das resultierende Maß mit 60 Items wurde dann für den zweiten Validierungsschritt verwendet.

## 2.2 Felduntersuchung

An einer Online-Befragung nahmen 200 Promovierende und wissenschaftliche Mitarbeiter (62% weiblich) dreier rheinland-pfälzischer Universitäten teil. Das mittlere Alter der Teilnehmer betrug 30,4 ( $SD = 5,87$ ) Jahre. Neben den Trennungsstrategien wurden Erholungserfahrungen und Arbeitszufriedenheit als Indikatoren für psychische Gesundheit sowie Arbeitsengagement als Indikator für Leistungsfähigkeit erfasst.

## 3. Ergebnisse

Mittels exploratorischer Faktorenanalysen wurden die Items der Trennungsstrategien zu Skalen zusammengefasst. Fast alle postulierten Faktoren wurden durch die Faktorenanalysen bestätigt. Deren Beziehungen zu den übrigen Skalen wurden korrelativ und regressionsanalytisch überprüft. Nahezu alle Strategien zur Trennung von Arbeit und Privatleben waren positiv mit Erholungserfahrungen (Abschalten von der Arbeit, Entspannung, Kontrolle über die Freizeit, Mastery-Erleben) assoziiert. Die bivariaten Korrelationen waren durchgängig kleiner als  $r = .50$ . Die Arbeitszufriedenheit ließ sich nur durch zeitliche, kognitive und kommunikative Strategien vorhersagen, das Arbeitsengagement zusätzlich noch durch räumliche Strategien, genauer durch die räumliche Trennung von Arbeit und Privatleben zu Hause. In multiplen Regressionen erwiesen sich die kognitiven und zeitlichen Strategien als deutlich prädiktiver für Erholung, Arbeitszufriedenheit und Arbeitsengagement als die räumlichen, behavioralen und kommunikativen Strategien. Besonders die kognitive Strategie des Unterdrückens arbeitsbezogener Gedanken zeigte fast durchweg signifikante Beta-Gewichte in Bezug auf alle abhängigen Variablen. Über alle abhängigen Variablen konnten wir für die beiden zeitlichen Strategien (1) in der Freizeit nicht zu arbeiten und (2) übermäßige Arbeitszeit mit vermehrter Freizeit auszugleichen signifikante Beta-Gewichte finden. Als ähnlich gute Prädiktoren erwiesen sich die beiden kognitiven Strategien, (1) den Arbeitstag mit einem Ritual zu beenden und (2) die Unterdrückung arbeitsbezogener Gedanken. In der multiplen Regression erwies sich auch die Unterkategorie der behavioralen Strategien, genau zu unterscheiden, welche Arbeitsaspekte mit ins Privatleben genommen werden und welche nicht, als signifikanter Prädiktor verschiedener Erholungserfahrungen. Die räumlichen Strategien waren bei gleichzeitiger Berücksichtigung der anderen Strategien in den multiplen Regressionen nicht mehr signifikant.

## 4. Diskussion

Lösungen für eine bessere Work-Life-Balance wurden bislang vorrangig auf der organisationalen Ebene gesucht. Die Ergebnisse dieser Forschungsbemühungen

sind aber eher gemischt und sprechen oft für eher geringe Wirkungen von Maßnahmen für eine verbesserte Work-Life-Balance (Kossek & Lambert 2005). Die Erforschung von Strategien zur Trennung von Arbeit und Privatleben soll deshalb dazu beitragen, auf individueller Ebene Problemen mangelnder Vereinbarkeit der beiden Bereiche effektiv begegnen zu können. Mit der vorliegenden Validierungsstudie haben wir einen ersten Schritt für die quantitative Erforschung dieser Trennungsstrategien unternommen. Die Zusammenhänge der Trennungsstrategien mit Indikatoren für psychische Gesundheit und Leistungsfähigkeit wie Erholung, Arbeitszufriedenheit und Arbeitsengagement zeigten sich fast durchgehend wie erwartet. Die Trennungsstrategien sind eng mit den Erholungserfahrungen assoziiert. Dass die bivariaten Korrelationen durchgängig kleiner als  $r = .50$  sind, spricht für diskriminante Validität. Erholung und Trennungsstrategien stehen also in enger Beziehung zueinander, stellen aber unterschiedliche Konzepte dar. Die Ergänzung der von Kreiner und Kollegen (2009) vorgestellten Trennungsstrategien um eine weitere Kategorie, nämlich die kognitiven Strategien, hatten wir auf Basis von Erkenntnissen aus der Erholungsforschung vorgenommen. Diese Ergänzung hat sich als sinnvoll erwiesen, da die zugehörigen Einzelstrategien zusätzlich zu den bestehenden Faktoren zur Vorhersage von Erholung, Arbeitszufriedenheit und Arbeitsengagement beitragen konnten. Zusammen mit den zeitlichen Strategien scheinen sie aufgrund der vorliegenden Ergebnisse die effektivsten Trennungsstrategien zu sein. Selbstverständlich sollten die Ergebnisse auch an anderen Berufsgruppen repliziert werden. Das deutliche Muster, dass bei Promovierenden nahezu alle Trennungsstrategien positiv mit Erholung und zu großen Teilen auch mit Arbeitszufriedenheit und Arbeitsengagement zusammenhängen, gibt aber ersten Grund zu der Annahme, dass der Einsatz von Trennungsstrategien auch in anderen Berufen mit hoher zeitlicher und räumlicher Autonomie in einem positiven Zusammenhang mit psychischer Gesundheit und Leistungsfähigkeit stehen wird. Da die Daten der vorliegenden Studie nur im Querschnitt erhoben wurden, lassen sich noch keine Aussagen zur Kausalität treffen. Eine längsschnittliche Untersuchung haben wir bereits geplant. Diese wird erste Aussagen zu Kausalbeziehungen zwischen Strategien zur Trennung von Arbeit und Privatleben und relevanten Gesundheits- und Leistungsvariablen ermöglichen. Erst dann kann darüber nachgedacht werden, die Vermittlung von Trennungsstrategien in Gesundheitsmaßnahmen und Personalentwicklung zu integrieren.

## 5. Literatur

1. Binnewies, C., Sonnentag, S. & Mojza, E.J. 2009, Daily performance at work: Feeling recovered in the morning as a predictor of day-level job performance, *Journal of Organizational Behavior*, 30, 67–93.
2. Kossek, E.E. & Lambert, S.J. (Eds.) 2005, *Work and life integration: Organizational, cultural, and individual perspectives*. Mahwah, NJ: Erlbaum.
3. Kreiner, G.E., Hollensbe, E. & Sheep, M.L. 2009, Balancing borders and bridges: Negotiating the work-home interface via boundary work tactics, *Academy of Management Journal*, 4, 704–730.
4. Sonnentag, S., Kuttler, I. & Fritz, C. (in press). Job stressors, emotional exhaustion, and need for recovery: A multi-source study on the benefits of psychological detachment, *Journal of Vocational Behavior*.

## Mangelnde Work-Life Balance und muskuloskelettale Beschwerden

Oliver HÄMMIG, Michaela KNECHT, Rebecca BRAUCHLI und Georg BAUER

*Institut für Sozial- und Präventivmedizin der Universität Zürich und  
Zentrum für Organisations- und Arbeitswissenschaften der ETH Zürich,  
Hirschengraben 84, CH-8001 Zürich*

**Kurzfassung.** Dass eine mangelnde Vereinbarkeit von Beruf und Privatleben mannigfaltige Folgen auch und ganz besonders für die psychosoziale Gesundheit der Betroffenen haben kann, ist längst bekannt und empirisch evident. Dass es sich bei den dabei zugrundeliegenden Rollenkonflikten aber zudem um einen bedeutenden Risikofaktor für muskuloskelettale Beschwerden handelt, zeigt erstmals die vorliegende Studie anhand umfangreicher Befragungsdaten aus vier Schweizer Grossunternehmen. Vereinbarkeitsprobleme zwischen Erwerbs- und Privatleben gehen demnach mit einer Häufung solcher Beschwerden, d.h. mit einem statistisch signifikant erhöhten Risiko für Rücken- und Nacken- bzw. Schulterschmerzen einher. Neben einer insgesamt überraschend hohen Prävalenz besagter Beschwerden sowie einem unerwartet engen Zusammenhang und einer klaren Dosis-Wirkungs-Beziehung zwischen dem Grad mangelnder Vereinbarkeit und dem Risiko für starke Rücken- und Nackenschmerzen lässt sich ein interessanter Geschlechterunterschied feststellen: Bei den weiblichen Angestellten steigt mit schlechter werdender Vereinbarkeit das muskuloskelettale Erkrankungsrisiko zwar ebenfalls stetig, dabei aber deutlich weniger stark an als bei ihren männlichen Kollegen.

**Schlüsselwörter:** Work-Life-Balance, Vereinbarkeitsprobleme, muskuloskelettale Beschwerden, Rücken- und Nackenschmerzen.

### 1. Hintergrund

Es gibt eine gut etablierte arbeitsmedizinische Forschung und gesicherte, breit abgestützte Erkenntnisse zu Erkrankungen des Bewegungsapparates und deren Ursachen sowie einen noch jungen, aber stetig und stark wachsenden Forschungszweig zu gesundheitlichen und anderen Auswirkungen mangelnder Work-Life Balance oder vielmehr sogenannter Work-Family Konflikte. Damit gemeint sind Rollenkonflikte im Spannungsfeld von Beruf und Familie oder etwas weiter gefasst: Probleme mit der Vereinbarkeit von Erwerbs- und Privatleben. Doch diese beiden Forschungszweige hatten bislang erstaunlicherweise keinerlei Berührungspunkte. Die besagten Rollenkonflikte wurden bisher vornehmlich im Hinblick auf mögliche stressbezogene Auswirkungen insbesondere auf die psychosoziale Gesundheit untersucht. Dabei konnten gesundheitliche Effekte nachgewiesen werden wie etwa Depressionen, Burnout, Alkoholmissbrauch sowie verschiedene andere psychosomatische Symptome und psychiatrische Störungen (vgl. Hämmig & Bauer 2009; Allen et al. 2000), nicht jedoch muskuloskelettale Beschwerden. Diese wurden bis auf wenige Ausnahmen (Hämmig et al. 2009) bislang weitgehend vernachlässigt, ja geradezu ausgeblendet von der entsprechenden Forschung und den inzwischen sehr zahlreichen Studien

zum Zusammenhang von Work-Family Konflikten und verschiedenen Gesundheitsproblemen, obschon sie nachweislich stressbedingt sind. Umgekehrt hat die arbeitsmedizinische Forschung zu muskuloskelettalen Erkrankungen und insbesondere Rückenbeschwerden zahlreiche mögliche arbeitsbezogene Risikofaktoren untersucht (vgl. NIOSH 1997), neben physischen Arbeitsbedingungen wie das Tragen schwerer Lasten, ungünstige Körperhaltungen oder repetitive Tätigkeiten insbesondere auch psychosoziale Faktoren (vgl. Hoogendoorn et al. 2000) wie Arbeitstempo, Monotonie, fehlende Autonomie, mangelnde Arbeitszufriedenheit, geringe soziale Unterstützung, oder eben direkt Stress und Überlastung bei der Arbeit. Doch bestehende Rollenkonflikte zwischen Beruf und Privatleben und eine damit einhergehende mangelnde Work-Life Balance wurden nicht in Betracht gezogen als Stressoren und damit als potenzielle Einflussfaktoren oder mögliche Prädiktoren von Erkrankungen des Bewegungsapparates, weswegen ein allfälliger Zusammenhang vorerst unentdeckt geblieben ist. Im 2007 erschienenen Bericht „Managing musculoskeletal disorders“ der European Foundation for the Improvement of Living and Working Conditions wurde dann aber anhand von bevölkerungsrepräsentativen Daten erstmals auf einen deutlichen Zusammenhang zwischen mangelnder Work-Life Balance und muskuloskelettalen Beschwerden hingewiesen. Ein Zusammenhang, der im Bericht allerdings nicht näher untersucht und von der Forschung nachfolgend auch nicht weiter aufgegriffen wurde, d.h. entsprechende Befunde sind seither in wissenschaftlichen Studien zu muskuloskelettalen Beschwerden nicht wieder repliziert oder publiziert worden.

## 2. Daten und Stichprobe

Bei der Beantwortung der Frage nach einem allfälligen Zusammenhang von mangelnder Work-Life Balance und Störungen des Bewegungsapparates stützt sich der vorliegende Beitrag auf Daten, die im Jahr 2007 im Rahmen einer groß angelegten Betriebsumfrage unter den Belegschaften von vier großen und namhaften Schweizer Dienstleistungsunternehmen aus unterschiedlichen Branchen (Finanz- und Versicherungsbranche, Gesundheitswesen, Transportwesen) erhoben wurden.

**Tabelle 1:** Häufigkeit von muskuloskelettalen Beschwerden nach Geschlecht

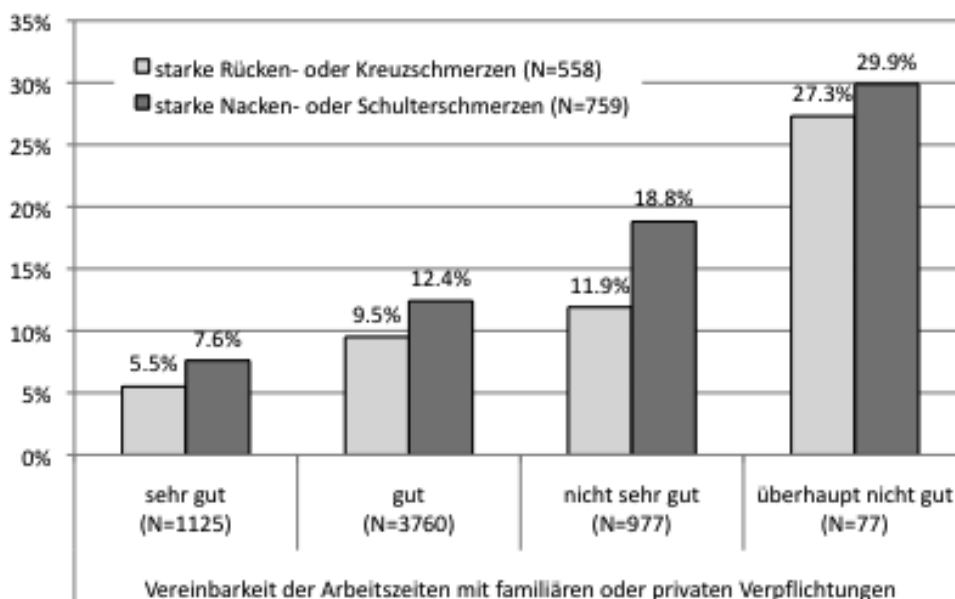
	Rücken- bzw. Kreuzschmerzen			Nacken- bzw. Schulterschmerzen		
	Männer	Frauen	<b>Total</b>	Männer	Frauen	<b>Total</b>
Ja, stark	8.3%	11.1%	<b>9.5%</b>	8.9%	18.1%	<b>12.8%</b>
Ja, ein bisschen	38.6%	40.7%	<b>39.5%</b>	40.2%	49.9%	<b>44.4%</b>
Nein, überhaupt nicht	53.0%	48.2%	<b>51.0%</b>	50.9%	32.0%	<b>42.8%</b>
N	3'362	2'517	<b>5'879</b>	3'357	2'526	<b>5'883</b>

Es handelt sich bei der Studienpopulation zwar nicht um einen repräsentativen Querschnitt der Schweizer Erwerbsbevölkerung, doch umfasst die auf Ebene der Betriebe mittels Zufallsauswahl oder Vollerhebung gewonnene Stichprobe insgesamt mehr als 6'000 Mitarbeitende besagter Unternehmen und schliesst dabei alle Hierarchiestufen und sämtliche dort zu findenden Berufsgattungen ein, d.h. die Stichprobe ist nicht nur weit umfangreicher, sondern auch viel heterogener als dies in solchen Studien üblicherweise der Fall ist. Dennoch ist die Generalisierbarkeit der Studienre-

sultate eingeschränkt. Ein Vergleich der Studienpopulation mit einer repräsentativen Stichprobe der unselbständig erwerbenden Bevölkerung in der Schweiz zeigt nämlich den typischen Mittelklasse-Bias. So sind Männer, höher Gebildete und Kaderangehörige genauso wie Vollzeitbeschäftigte in der Studienpopulation überrepräsentiert. Gleichzeitig sind ältere Beschäftigte und ausländische Staatsangehörige klar untervertreten. Die Befunde lassen sich also nur mit Vorbehalt verallgemeinern und auf die gesamte Erwerbsbevölkerung übertragen.

### 3. Ergebnisse

Die Prävalenz von muskuloskelettalen Beschwerden in der Studienpopulation ist insgesamt und vor allem bei den Frauen überraschend hoch (siehe Tabelle 1). So berichten knapp 50% aller befragten Angestellten von mässig bis starken Rücken- oder Kreuzschmerzen in den vier Wochen vor dem Erhebungszeitpunkt. Mehr oder weniger starke Nacken- oder Schulterschmerzen beklagen gar mehr als 57% der Befragten und sogar zwei Drittel aller weiblichen Angestellten. Darüber hinaus hat sich der erwartete Zusammenhang und Gradient zwischen dem Ausmass der (mangelnden) Work-Life Balance und dem Auftreten von starken Schmerzen im Bereich des unteren und oberen Rückens, des Nackens und der Schultern bestätigt und dabei als unerwartet stark erwiesen: Mit schlechter werdender (selbstberichteter) Vereinbarkeit von Erwerbs- und Privatleben treten besagte Beschwerden immer häufiger auf (siehe Abbildung 1).



**Abbildung 1:** Probleme mit der Work-Life Balance und muskuloskelettale Beschwerden

Darüber hinaus haben sich besagte Vereinbarkeitsprobleme in multivariaten logistischen Regressionsanalysen als signifikanter und bedeutender Risikofaktor für Rücken- und Nackenschmerzen herausgestellt und zwar unabhängig von bereits bekannten Einfluss- oder vielmehr Risikofaktoren wie körperliche Beanspruchung oder mangelnde Autonomie bei der Arbeit, hohes Arbeitstempo bzw. großer Zeitdruck und Arbeits(un)zufriedenheit (siehe Tabelle 2). Dabei hat sich auch der beobachtete Dosis-Wirkungs-Beziehung bestätigt: Je schlechter die Vereinbarkeit, desto höher das relative Risiko für starke Rücken- und Nackenschmerzen. Erwerbstätige, deren Ar-



beitszeiten sich nach eigenen Angaben ‚überhaupt nicht gut‘ vereinbaren lassen mit ihren familiären und privaten Verpflichtungen, weisen gegenüber denjenigen, deren Arbeitszeiten sich ‚sehr gut‘ mit dem Privatleben vereinbaren lassen, ein bis zu fünf-fach erhöhtes Risiko für entsprechende Beschwerden auf. Die Odds Ratios (OR) als Maßzahlen für das relative Risiko steigen mit schlechter werdender Vereinbarkeit fast durchwegs kontinuierlich an. Und sie sind bei den Männern insgesamt deutlich höher als bei den Frauen. D.h. Vereinbarkeitsprobleme manifestieren sich bei den Männern offenbar stärker als bei den Frauen als chronische muskuläre Verspannungen und letztlich in Form von Schmerzen am Bewegungsapparat. Das mag damit zu tun haben, dass Männer solche Rollenkonflikte womöglich weniger offen thematisieren bzw. problematisieren und entsprechend weniger gut bewältigen als Frauen. Auch sind Frauen es womöglich eher gewohnt und in der Lage, mit solchen Konflikten pragmatisch umzugehen und sie problem- und ressourcenorientiert anzugehen. Dadurch erfahren Frauen weniger Stress oder sie somatisieren solche Konflikte und deren Stressfolgen wegen ihres stärker problemorientierten und adäquateren Bewältigungsverhaltens womöglich weniger stark.

**Tabelle 2:** Vereinbarkeitsprobleme als Risikofaktor für muskuloskelettale Beschwerden ( $\dagger$ Odds ratios kontrolliert für Alter, Bildung und diverse arbeitsbezogene Risiko- und Schutzfaktoren (körperliche Anstrengung, grosser Zeitdruck, zunehmende Arbeitsmenge, Autonomie am Arbeitsplatz); fettgedruckt = hochsignifikante OR ( $p < .01$ ))

Vereinbarkeit der Arbeitszeiten mit familiären und privaten Verpflichtungen	Starke Rücken- bzw. Kreuzschmerzen				Starke Nacken- bzw. Schulterschmerzen			
	Männer (8.3%)		Frauen (11.1%)		Männer (8.9%)		Frauen (18.1%)	
	OR $^\dagger$	95%-CI	OR $^\dagger$	95%-CI	OR $^\dagger$	95%-CI	OR $^\dagger$	95%-CI
Sehr gut	1		1		1		1	
Gut	<b>2.00</b>	1.27-3.14	1.29	0.87-1.92	<b>2.16</b>	1.35-3.44	1.24	0.90-1.70
Nicht sehr gut	1.94	1.11-3.38	1.31	0.79-2.17	<b>3.14</b>	1.83-5.40	1.45	0.97-2.17
Überhaupt nicht gut	<b>5.19</b>	2.16-12.5	2.61	1.07-6.42	<b>5.42</b>	2.21-13.3	2.07	0.92-4.64
N	3222		2322		3218		2338	

#### 4. Literatur

1. Allen, T.D., Herst D.E.L., Bruck, C.S. & Sutton, M. 2000, Consequences Associated With Work-to-Family Conflict: A Review and Agenda for Future Research, *Journal of Occupational Health Psychology*, 5, 278-308.
2. Hämmig, O. & Bauer G.F. 2009, Work-life imbalance and mental health among male and female employees in Switzerland, *International Journal of Public Health*, 54, 88-95.
3. Hämmig, O., Gutzwiller, F. & Bauer G.F. 2009, Work-life conflict and associations with work- and nonwork-related factors and with physical and mental health outcomes: a nationally representative cross-sectional study in Switzerland, *BMC Public Health*, 9, 435.
4. National Institute for Occupational Safety and Health - NIOSH 1997, Musculoskeletal Disorders and Workplace Factors. A Critical Review of Epidemiologic Evidence for Work-Related Musculoskeletal Disorders of the Neck, Upper Extremity, and Low Back. Cincinnati: NIOSH Im Internet verfügbar unter: <http://www.cdc.gov/niosh/docs/97-141/pdfs/97-141.pdf>.
5. Hoogendoorn, W.E., Van Poppel, M.N., Bongers, P.M., Koes, B.W. & Bouter L.M. 2000, Systematic review of psychosocial factors at work and private life as risk factors for back pain, *The Spine Journal*, 25, 2114-2125.
6. European Foundation for the Improvement of Living and Working Conditions - Eurofound 2007, Managing Musculoskeletal Disorders. Dublin: Eurofound. Im Internet verfügbar unter: <http://www.eurofound.europa.eu/docs/ewco/tn0611018s/tn0611018s.pdf>.



## Wechselwirkungen zwischen beruflicher und außerberuflicher Lebenswelt bei Mitarbeitern des Dienstleistungsbereichs

Patricia STOCK, Daniel SCHMIDT, Michael LEUPOLD und Gert ZÜLCH

*Institut für Arbeitswissenschaft und Betriebsorganisation (ifab),  
Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Kaiserstraße 12, D-76133 Karlsruhe*

**Kurzfassung:** Im Dienstleistungsbereich treten häufig Wechselwirkungen zwischen der beruflichen und der außerberuflichen Lebenswelt auf, die sich sowohl auf die Mitarbeiter als auch auf den Betrieb negativ auswirken können. Der Beitrag stellt die Ergebnisse von Experteninterviews im Dienstleistungsbereich zu dieser Thematik vor. Zur Bewältigung können unterschiedliche organisatorische Maßnahmen eingesetzt werden, deren Auswirkungen jedoch erst wenig erforscht sind.

**Schlüsselwörter:** Work-Life-Balance, Arbeitszeitgestaltung, Dienstleistungsbereich, Experteninterviews.

### 1. Wechselwirkungen zwischen Berufs- und Privatleben

Zunehmend kann beobachtet werden, dass sowohl im beruflichen als auch im außerberuflichen Bereich von Beschäftigten Veränderungen auftreten, die teilweise gravierende Auswirkungen auf deren Work-Life-Balance haben. Als Gründe hierfür sind im beruflichen Bereich erweiterte Anforderungen an die Qualifikation, Zunahme interaktiver Tätigkeiten, Verbreitung der Arbeitszeitflexibilisierung und Entgrenzung der Arbeit als Beispiele zu nennen. Diese Aspekte haben nicht nur erheblichen Einfluss auf die Arbeitsbedingungen, sie können auch Konsequenzen für die außerberufliche Lebenswelt mit sich bringen (in der Literatur häufig als "work-family conflict" bezeichnet; vgl. Greenhaus & Beutell 1985, S. 77 ff.; Schnelle et al. 2009, S. 49). Andererseits hat sich auch in der außerberuflichen Lebenswelt ein Wandel vollzogen, der sich z.B. durch eine hohe Anzahl Alleinlebender, zunehmende Müttererwerbstätigkeit oder Zunahme Alleinerziehender charakterisieren lässt. Diesbezüglich gehen auch Beeinträchtigungen aus dem außerberuflichen Bereich in den beruflichen Bereich über (der sog. "family-work conflict"; vgl. Schnelle et al. 2009, S. 49), z.B. indem eine Mutter aufgrund ihres kranken Kindes nicht zur Arbeit gehen kann. Derartige Zielkonflikte können zu negativen Auswirkungen führen, z.B. zu psychischem Stress, schlechterem Gesundheitszustand, geringerer Zufriedenheit mit Arbeit oder Privatleben, erhöhter Fluktuation, reduzierter Verbundenheit mit dem Unternehmen (Frone et al. 1997, S. 330 ff.; Greenhaus et al. 2003, S. 525 ff.; Schnelle et al. 2009, S. 49; Stock-Homburg & Roederer 2009, S. 24).

Vor diesem Hintergrund sollte nicht nur im Sinne der Mitarbeiter, sondern auch aus betrieblichen Aspekten eine möglichst ausgeglichene Work-Life-Balance angestrebt werden. Hierzu gibt es unterschiedliche Bewältigungsstrategien (zum Überblick sei z.B. auf Greenhaus & Beutell 1985 sowie Byron 2005 verwiesen). So kann z.B. eine geeignete Arbeitszeitgestaltung den Ausgleich im Sinne einer Work-Life-Balance fördern. Die Auswirkungen solcher organisatorischen Maßnahmen sind jedoch erst wenig erforscht (Beauregard & Henry 2009, S. 9).

## 2. Einsatz von Experteninterviews zur Aufdeckung von Wechselwirkungen

Vor diesem Hintergrund hat sich das BMBF-Projekt "Arbeitszeitgestaltung unter Berücksichtigung der Work-Life-Balance mit Hilfe der rechnerunterstützten Simulation - ARBWOL" das Ziel gesetzt, die Effekte flexibler Arbeitszeitmodelle auf die Work-Life-Balance aufzudecken sowie Handlungsanleitungen und Empfehlungen zur belastungsreduzierenden Gestaltung von Arbeitszeitmodellen abzuleiten. Leitende Forschungshypothese des ARBWOL-Projektes ist es, dass es unterschiedliche soziale Rollen gibt, die sich hinsichtlich ihrer außerberuflichen Belastungssituation unterscheiden und für die anhand spezifischer Arbeitszeitmodelle ein Ausgleich der Work-Life-Balance erzielt werden kann. Als soziale Rolle wird dabei die Position eines Beschäftigten in seinem außerberuflichen Umfeld verstanden sowie die daraus resultierenden Verpflichtungen und Erwartungen, die aus dieser Position resultieren und so möglicherweise zu einer (außerberuflichen) Belastung des Beschäftigten führen. Anhand eines dualen Forschungsansatzes aus Arbeitsanalyse und Simulationsstudie sollen die auftretenden sozialen Rollen identifiziert, die Belastungen erhoben und geeignete Maßnahmen der Arbeitszeitgestaltung identifiziert werden.

**Tabelle 1:** Aufbau des Leitfadens für die Experteninterviews

Fragenkomplex	Leitfragen
Einführung in das Thema "Work-Life-Balance"	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Definition von Work-Life-Balance</li> <li>• Relevanz von Work-Life-Balance</li> <li>• Auseinandersetzung mit dem Thema</li> </ul>
Berufliche Lebenswelt	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Charakterisierung der beruflichen Lebenswelt</li> <li>• Veränderungen der beruflichen Lebenswelt</li> <li>• Belastungen in der beruflichen Lebenswelt</li> <li>• Ressourcen in der beruflichen Lebenswelt</li> </ul>
Außerberufliche Lebenswelt	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Charakterisierung der außerberuflichen Lebenswelt</li> <li>• Veränderungen der außerberuflichen Lebenswelt</li> <li>• Belastungen in der außerberuflichen Lebenswelt</li> <li>• Ressourcen in der außerberuflichen Lebenswelt</li> </ul>
Wechselwirkungen zwischen den Lebenswelten	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wechselwirkungen zwischen den Lebenswelten</li> <li>• Bewältigungsstrategien zur Kompensation negativer Wechselwirkungen</li> </ul>

In einem ersten Arbeitsschritt wurden Experteninterviews im Dienstleistungsbereich durchgeführt, um Aussagen hinsichtlich der vorliegenden Belastungssituation sowie auftretender Zielkonflikte bei den Beschäftigten zu erhalten. Hierzu wurden (i.A.a. Meuser & Nagel 1991, S. 444 f.) einerseits Experten angesprochen, die für den Entwurf, die Implementierung oder die Kontrolle von Maßnahmen zur Vereinbarkeit von Arbeit und Privatleben Verantwortung tragen (im Folgenden als "Betriebsexperten" bezeichnet), andererseits wurden Experten befragt, die einen privilegierten Zugang zu Informationen über das Problemfeld haben (im Folgenden als "Wissenschaftsexperten" bezeichnet). Darüber hinaus wurden auch Interviews mit betroffenen Mitarbeitern geführt, welche ihre persönliche Situation reflektierten (im Folgenden als "Mitarbeiterexperten" bezeichnet). Hierzu wurde ein Interview-Leitfaden entwickelt (vgl. Tab. 1), der durch verschiedene Leitfragen den Themenkomplex strukturiert und die Vergleichbarkeit der Ergebnisse der verschiedenen Einzelinterviews sicherstellt (vgl. Friebertshäuser 1997, S. 375). Den drei Expertengruppen wurden inhaltlich dieselben Leitfragen gestellt, die allerdings sprachlich dem jeweilig angenommenen Sprachniveau des Experten angepasst wurden.

### 3. Ergebnisse der Experteninterviews

Als Wissenschaftsexperten konnten in dem Feld tätige Vertreter der Sozialpartner sowie Wissenschaftler befragt werden. Für die Befragung der Betriebs- und Mitarbeiterexperten wurde ein Call-Center gewonnen. Bislang wurden 14 Experteninterviews durchgeführt, weitere Interviews sind in Vorbereitung.

Die befragten Experten definierten den Begriff der "Work-Life-Balance" alle ähnlich, nämlich als die Vereinbarkeit von Arbeits- und Privatleben, wobei – abhängig vom persönlichen Hintergrund – das Privatleben teilweise auf die Familie reduziert wurde. Die Relevanz des Themas wurde von allen Experten als sehr hoch eingeschätzt, wobei insbesondere die Wissenschaftsexperten darauf hinwiesen, dass man sich bereits früher damit beschäftigte – allerdings nicht unter dem Schlagwort der "Work-Life-Balance". Auffällig war, dass sich die Mitarbeiterexperten im Alltag meist nicht bewusst mit dem Thema auseinandersetzen, ihr Leben jedoch dennoch einer starker Planung unterliegt, um die Vereinbarkeit aller an sie gestellten Anforderungen zu ermöglichen. Der Begriff der "Work-Life-Balance" ist somit eine Worthülse, die individuell gefüllt wird. Im Ergebnis sollte die persönliche Lage akzeptabel sein, unabhängig davon, wie diese aussieht. Dies macht es für Betriebe schwierig, adäquate Maßnahmen anzubieten, da nur im Dialog mit den Mitarbeitern deren Bedürfnisse identifiziert werden können. Allerdings kann der Datenschutz hierbei ein Problem darstellen, da die Unternehmen nicht alles über die Mitarbeiter in Erfahrung bringen dürfen, was für die Konzeption einschlägiger Maßnahmen nötig wäre.

Die Wissenschaftsexperten beschreiben die Situation im Dienstleistungsbereich als sehr unterschiedlich, abhängig von Betriebsgröße und bereich. Von ihnen wird ein genereller Strukturwandel thematisiert, der das traditionelle Arbeitsverhältnis immer weiter flexibilisiert. Dies drückt sich z.B. in den sich ausweitenden Ladenöffnungszeiten oder dem höheren Anteil an Teilzeitbeschäftigten aus. Die psychischen Belastungen, wie z.B. Zeitdruck, Kundenkontakt und Unsicherheit des Arbeitsplatzes, nehmen zu, während die physischen Belastungen eher gleich bleiben. Eine besondere Rolle spielt hierbei die zunehmende Technisierung, die zwar Belastungen kompensieren kann, dafür aber durch die gestiegenen Bedienungsanforderungen auch neue Belastungen schafft. Auch die Situation im untersuchten Call-Center zeichnet sich durch hohe Anforderungen an die zeitliche und inhaltliche Flexibilität der Mitarbeiter aus: Es wird ein hochflexibles Schichtsystem praktiziert, darüber hinaus werden viele Teilzeitbeschäftigte eingesetzt, um Anfragespitzen abzufangen.

Obwohl die außerberufliche Lebenswelt der Beschäftigten im Dienstleistungsbereich überaus vielfältig ist, identifizierten die Wissenschaftsexperten einige Trends: Im außerberuflichen Bereich müssen oft sehr viele Aufgaben miteinander vereinbart werden. Dies kann in einem Zeitdruck resultieren, dem oft nur durch eine dezidierte Planung des Privatlebens begegnet werden kann. Obwohl es eine Vielzahl von neuen Beziehungsformen gibt, wird der Rückhalt durch Familie, aber auch durch Freunde noch immer als größte Ressource gesehen, um die Anforderungen zu bewältigen. Diese Einschätzung wurde von den Betriebs- und Mitarbeiterexperten bestätigt. Wie diese allerdings berichteten, behalten viele Mitarbeiter ihre Probleme eher für sich und tragen diese erst dann in den Betrieb, wenn sie die Probleme alleine nicht mehr bewältigen können. Dies schränkt die Wirkmöglichkeiten von Seiten des Betriebes ein und verlagert die Verantwortung auf den Einzelnen.

Alle Experten bestätigten, dass es zu zahlreichen Wechselwirkungen zwischen den Lebenswelten kommen kann, was zumeist für den Mitarbeiter problematischer ist als für den Betrieb. Als größtes Problem wird die Schichtarbeit genannt, durch

welche die Kinderbetreuung und die Teilnahme an außerberuflichen Aktivitäten erschwert werden. Da die Wechselwirkungen für jeden Mitarbeiter variieren, können i.d.R. keine Pauschallösungen von Seiten des Betriebes angeboten werden. Führungsverhalten und Betriebsklima spielen oft eine große Rolle für das Ausmaß, in dem auf die Belange des einzelnen Mitarbeiters eingegangen werden kann.

Sowohl die berufliche als auch die außerberufliche Situation gestaltet sich individuell sehr vielfältig, wodurch generalisierende Aussagen als schwierig erscheinen. Sinnvolle Lösungsansätze zur Bewältigung von negativen Wechselwirkungen können nur über einen Dialog zwischen Betrieb und Mitarbeiter erarbeitet werden, was allerdings Offenheit und Vertrauen auf beiden Seiten voraussetzt. Für die Arbeitszeitgestaltung lässt sich daraus ableiten, dass flexible Arbeitszeitsysteme insbesondere dann hilfreich sein können, wenn die Flexibilität beidseitig genutzt werden kann.

#### 4. Förderung

Die Forschungsarbeit wird im Rahmen des Forschungsprojektes "Arbeitszeitgestaltung unter Berücksichtigung der Work-Life-Balance mit Hilfe der rechnerunterstützten Simulation – ARBWOL" durchgeführt. Das Forschungsvorhaben wird mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung sowie des Europäischen Sozialfonds unter dem Förderkennzeichen 01FH09046 gefördert.

#### 5. Literatur

1. Beauregard, T.A. & Henry, L.C. 2009, Making the link between work-life balance practices and organizational performance, *Human Resource Management Review*, 19, 9-22.
2. Byron, K. 2005, A meta-analytic review of work-family conflict and its antecedents, *Journal of Vocational Behavior*, 67, 169-198.
3. Friebertshäuser, B. 1997, Interviewtechniken – ein Überblick. In: B. Friebertshäuser & A. Prengel (Hrsg.), *Handbuch Qualitative Forschungsmethoden in der Erziehungswissenschaft*. Weinheim: Juventa Verlag, 371-395.
4. Frone, M.R., Russel, M. & Cooper, M.L. 1997, Relation of work-family conflict to health outcomes: A four-year longitudinal study of employed parents, *Journal of Occupational and Organizational Psychology*, 70, 325-335.
5. Greenhaus, J.H. & Beutell, N.J. 1985, Sources of Conflict Between Work and Family Roles, *Academy of Management Review*, 10, 76-88.
6. Greenhaus, J.H., Collins, K.M. & Shaw, J. 2003, The relation between work-family balance and quality of life, *Journal of Vocational Behavior*, 63, 510-531.
7. Meuser, M. & Nagel, U. 1991, Experteninterviews - vielfach erprobt, wenig bedacht: Ein Beitrag zur qualitativen Methodendiskussion. In: D. Garz & K. Kraimer (Hrsg.), *Qualitativ-empirische Sozialforschung: Konzepte, Methoden, Analysen*. Opladen: Westdeutscher Verlag, 441-471.
8. Schnelle, J., Brandstätter-Morawietz, V. & Moser, B. 2009, Zielkonflikte zwischen Beruf und Familie, *Personalführung*, 42, 46-54.
9. Stock-Homburg, R. & Roederer, J. 2009, Work-Life-Balance von Führungskräften, *Personalführung*, 42, 22-32.

# Arguments of “Ergonomics and design for sustainability”

Giuseppe DI BUCCHIANICO and Antonio MARANO

*Idea, Infrastructure Design Engineering Architecture Department  
of the University “G. d’Annunzio” of Chieti-Pescara, Italy*

**Abstract:** Ergonomics applied to the project deals with the ambitious aim of sustainable wellbeing beginning with the proposal of some possible research arguments which aid the starting off of a discussion open to the plurality of knowledge.

**Keywords:** sustainable wellbeing, design for sustainability, sustainable solutions.

## 1. Introduction

Sustainable development requires new forms of wellbeing less tied in with the acquisition and use of artefacts, able to recognize and increase the value of the physical and social context, by means of the identification of sustainable solutions. Ergonomics deals with the ambitious aim of sustainable wellbeing, by communicating with the plurality of knowledge produced by other branches of learning. This requires the updating of present-day theoretical-procedural instruments which it has at its disposal, towards conceptual and operative systems adequate to the planning research for new solutions of sustainable wellbeing with possible variations in the various applicative sectors.

## 2. Terminological interpretation

Before illustrating the research themes, it is appropriate to conduct some preliminary considerations on terminological choices. The expression “Ergonomics and Design for Sustainability”, contained in the title of this paper, allows for two possible interpretations which are obtained by grouping and interrelating the terms which it is composed of in a different form:

- (Ergonomics and Design) for Sustainability.
- (Ergonomics) and (Design for Sustainability).

The first refers to a possible and hoped-for evolution of the relationships between one branch of learning, Ergonomics, and a term, Design in the process of transition towards sustainability. This entails, obviously, the acknowledgment of the existence of fields of study and applied research such as ergonomics applied to design. At the same time, it expresses the aim that present-day conceptual and methodological instruments, which ergonomics already has for design applications, are revised on the basis of precise criteria of sustainability. However, this interpretative level makes it difficult to identify “sustainable” research arguments because of the vagueness of the meaning of the term Design. In fact, in the most widespread fields of research, Design refers to theoretical backgrounds and practical intervention fields often very different among themselves and substantially orientated towards technical innovation. If this interpretation prevailed at the beginning of our reasoning, it would be decidedly more complex to promote and orientate research towards an innovation level which



is not only technical, but above all social and cultural, which a sustainable development requires.

The second, instead, refers to new, possible relationships, intersections and synergies between two branches of learning, Ergonomics and Design for Sustainability. By this headlining, one recognizes the possibility and opportunity for ergonomics to provide a contribution to the development of a planning culture which is able to face the transition towards sustainability and promote the emergence of a new generation of intrinsically sustainable products and services, by means of a profitable comparison with the articulation of more up-to-date contents of Design for Sustainability (Vezzoli 2007). One branch of learning, this latter one, has been developed and structured recently in the research and formation sector promoted by schools of industrial design. The second interpretation has the advantage of being able to systematize more easily the plurality of the knowledge produced by the two branches of learning, which have in their statute the aim concerning human wellbeing and sustainable wellbeing respectively. However, the difference is that, in the second field, sustainability is an unavoidable value and it is at the root of any planning proposal and outlook, while today, in the field of Ergonomics, human wellbeing may not yet be necessarily sustainable.

### **3. Fact-finding outline of research themes**

To aid understanding, the argumentative basis for research themes is illustrated by points according to the following logical structure:

- sustainable development requires new forms of wellbeing less tied in with the acquisition and use of artefacts, and more able to recognize and increase the value of the qualities of the physical and social environment in which people live, by means of the identification of sustainable solutions, that is, systems of products, services and knowledge which aid the person-actor to reach an aim.
- the aim of ergonomics is human wellbeing, obtained by means of the planning of material and immaterial “comfortable” goods: objects, tools, tasks, operative procedures, services, environments and organizational life and work systems. By means of specific methods and advanced research instruments, ergonomics provides a contribution to product innovation in the field of design (industrial design, architecture, organizational town-planning and structures and processes in general), through the study of risk factors and security, adaptability, usability and pleasantness of use.
- ergonomics, being already orientated to wellbeing, is ready to imagine and extend its reasoning criteria to sustainability criteria also. However, what is lacking is the start of an evolutionary process of the theoretical-procedural system, which it has presently, towards tools, tasks, environments and systems, certainly “comfortable” (basic performance qualities which should belong to all artefacts, not only to the so-called “ergonomic” ones), but more and more systematized on the basis of a new idea of sustainable wellbeing.
- in the field of industrial design, the design branch of learning for sustainability has been enriched by contents and articulated in planning and assessment instruments and methods: from criteria for the choice of low-impact environmental resources to the planning of the life cycle of products, design of eco-efficient systems and, more recently, touching also on the socio-ethical dimension of sustainability. Design for sustainability, based on the assumption that both “tra-



ditional” wellbeing based on “possession” (product) and the recent idea of “emergent” wellbeing based on “access” (service) are both completely unsustainable in environmental and social terms, proposes planning solutions to move towards a society in which wellbeing expectations are based on the “context”: that is, less tied in with the acquisition of new artefacts and services and more able to recognize and appreciate the qualities of the physical and social environment in which people live.

- starting from the comparison with the research programme in design for sustainability, ergonomics has the opportunity to begin an updating of the present-day theoretical-procedural instruments at its disposal, towards conceptual and operative systems adequate to planning research on new solutions for sustainable wellbeing with possible variations in the various applicative sectors.

#### 4. “Sustainable” research arguments

Some guidelines are presented which could represent valid “sustainable” arguments to start off the discussion on research themes (Manzini & Jégou 2003).

Contextualize the proposals and increase the value of what already exists: when ergonomic planning is not based on a holistic approach (Bandini Buti 2008), it tends to conceive artefacts which are meant for rapid and inevitable “ergonomic obsolescence”, which arises as a consequence of the variation of any physical, social or cultural tie.

The question is: how to make existing objects, services, life and work environments “comfortable”, safeguarding also the ergonomic “durability” at the same time?

Sharing and socializing: the contribution of ergonomics to the project is often addressed to the search for solutions that improve the system of artefacts which the user utilizes, instead of investigating possible alternatives to the proliferation of products and, therefore, to the increase in the use of resources.

The question is: how to develop an ergonomic approach to the project that is able to pursue the wellbeing of the individual by means of sharing and socialization, by reducing the use of personal and collective instruments and “prostheses”?

Increase systemic intelligence: as much as one tries to reduce human error in the use of more or less complex systems, it is always present and it will never be possible to eliminate it completely. An alternative to the so-called “planning with a view to error” is that of considering error as an “opportunity” to learn through experiences and relationships.

The question is: how to promote the ability of technical systems to learn from experience, by developing error-friendly solutions and increasing the number of network points having the ability to listen and act?

Create oases of slowness: the aim of the efficiency of the systems is generally in relation to the “rapidity” of use, neglecting the “slow” use which, instead, could have other advantages: when “slowness” is required, it aids reflection, learning and appreciation of the value of things.

The question is: how to create systems characterized by different timings, by reducing the average speed of movements and use of resources?

Satisfy the desire for “savoir faire”: after the crisis of the new economy which has destroyed the traditional forms of psychological and economic gratification deriving from the amateurish savoir faire (Sennet 2008), it is time to envisage new forms of production and sustainable wellbeing.

The question is: how to give an answer to the “creative” requirements of *savoir faire* tied in with the renewed and innate human desire to pursue one’s own personal satisfaction from the search for a good job done with art, intelligence, manual wisdom and knowledge?

## 5. Conclusions

The main themes addressed in this paper can be synthesized in the questions: how to change the culture of ergonomic planning within sustainability? what is the ergonomic contribution to sustainability? how can ergonomists add sustainability to their list of aims? It is an ambitious but necessary aim which requires the contribution of everybody even by means of an initial proposal of some possible arguments for “Ergonomics and design for sustainability”.

## 6. Participation

This paper is the result of common discussion and elaboration work, but the writing of the various paragraphs can be attributed to: Giuseppe Di Bucchianico (abstract, 1., 4., 5.), Antonio Marano (2., 3.).

## 7. References

1. Bandini Buti, L. 2008, *Ergonomia Olistica. Il progetto per la variabilità umana*. Milano: Franco Angeli.
2. Manzini, E., Jégou, F. 2003, *Quotidiano sostenibile. Scenari di vita urbana*. Milano: Edizioni Ambiente.
3. Sennett, R. 2008, *The Craftsman*. New Haven: Yale University Press.
4. Vezzoli, C. 2007, *System Design for Sustainability*. Milano: Maggioli editore.

# Human Factors and Sustainable Development – Some Lessons from Human Factors and Safety Management

Roland AKSELSSON

*Ergonomics and Aerosol Technology,  
Faculty of Engineering, Lund University,  
Box 118, 221 00 Lund, Sweden*

**Abstract:** Mankind is already spending beyond the capacity of its planet and trends look very scaring. Big changes in human behaviour are urgent. As pointed out by others there are many ways how Ergonomics/Human Factors could contribute to such changes. The aim of this paper is to discuss some lessons learnt from safety performance in aviation and transformed to sustainability, especially the concepts sustainability management systems and resilience sustainability cultures adapted to different levels of the global socio-technical-economic system and to different contexts.

**Keywords:** Ergonomics, human factors, resilience sustainability culture, sustainability management system, sustainable development.

## 1. Introduction

In their report “Living planet report 2008” the World-Wide Fund for Nature (WWF 2008) states: “Our global footprint now exceeds the world’s capacity to regenerate by about 30 per cent. If our demands on the planet continue at the same rate, by the mid-2030s we need the equivalent of two planets to maintain our lifestyles.” Thus our behaviour is not sustainable. There are several definitions of sustainable development, e.g. the definition of the Brundtland Commission: “sustainable development is development that meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs” (United Nations General Assembly - UNGA 1987). The Brundtland Commission also points at many requirements for a sustainable development (UNGA 1987). Also the Commission on Climate Change and Development states that “Sustainable development is possible but at risk” (Commission on Climate Change and Development 2009). It seems well founded that sustainable development involves – as stated in the Brundtland report “a progressive transformation of economy and society” (UNGA 1987). “Ergonomics (or human factors) is the scientific discipline concerned with the understanding of the interactions among humans and other elements of a system, and the profession that applies theory, principles, data and methods to design in order to optimise human well-being and overall system performance.” (International Ergonomics Association 2000).

One area of application of human factors is safety management. A group at Lund University has focused on human and organizational factors and safety management using twelve corner stones as a base and for further development, e.g.: 1) A systems view (Rasmussen 1997); 2) Organisational learning (Single and double loop learning) (Argyris & Schön 1996, Koornneef 2000); 3) Safety culture including continuous learning and mindfulness (Weick & Sutcliffe 2007) and 4) Resilience (Wreathall 2006); and 5) Make use of domain knowledge. Encouraged by experiences from the EC

Framework 6 project HILAS (Human Integration into the Lifecycle of Aviation Systems) (HILAS Consortium 2009) ideas are explored about a manual for sustainability management systems and resilience sustainability cultures. The aim of this paper is to discuss some aspects of it. In a review, Flemming et al. (2008) point at efficient ways to encourage environmentally prudent behaviour. Included are performance feedback, relevant and intelligible information, and consequence strategies. Similar tools should be used at higher levels of different sectors (See figure 1). The reader is also referred to a paper by Morey (1995) entitled "Ergonomics and the global problems of the twenty-first century" where he also stresses macroergonomic aspects at all levels of the global socio-technical-economic system.

## **2. HILAS and the Safety Management System Group**

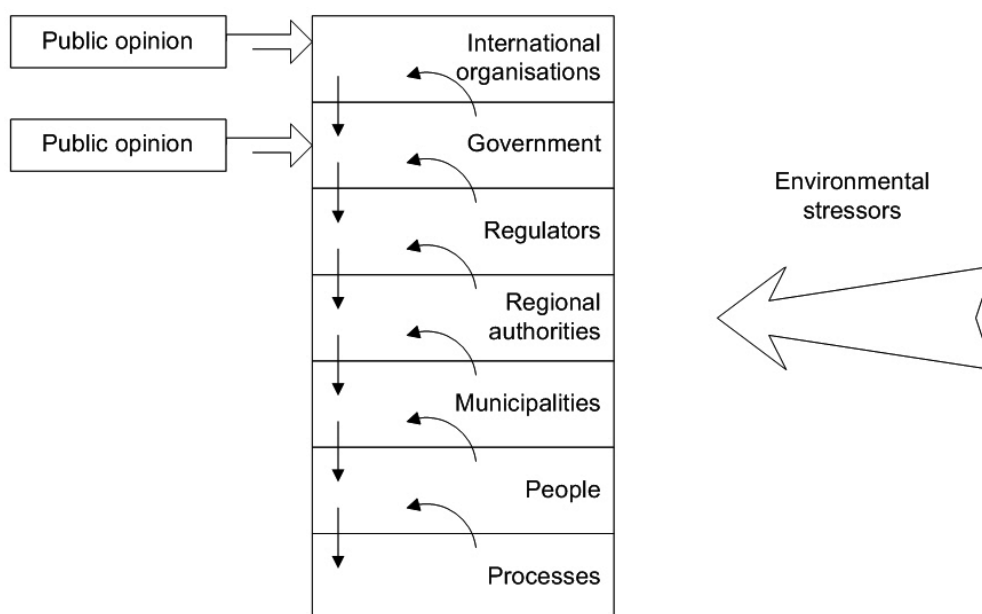
In the project HILAS a Safety Management System Group (SMS group) was formed with the goal to develop an SMS for aviation operators and support its implementation. The SMS had to follow rules given in the Safety Management Manual published by the International Civil Aviation Organization - ICAO (ICAO 2008) and be efficient for safety and performance. The corner stones mentioned above were guiding the work. Presentations of results are under preparation as book chapters with tentative titles such as "Organisational Learning & Organisational Memory Framework", "Resilience Safety Culture in Aviation Organisations", "Operational Risk Management System", "Safety Management collaboration between easyJet and SR Technics", "Safety Assurance Process for FRMS at easyJet", and "Establishment of the global International Fatigue Risk Management Forum". Much of the results is already implemented or under implementation at and around one airline, easyJet. easyJet has, for instance, taken an active part in creating an international fatigue risk management forum (FRMS forum 2009) for cooperation between airlines and with regulators and researchers.

## **3. A Systems View**

Figure 1 shows schematically the socio-technical system that needs to be efficient for sustainability (after Rasmussen (1997) concerning risk management). That means optimization of the whole system, thus avoiding sub optimizing individual levels. A research discipline is usually focusing on one level. Thus to support optimization of the whole system, multidisciplinary research and development is essential. Improvements can and should be done at the lower levels, but sometimes much more powerful results can be reached if higher levels set rules that act as incitements for improvements (arrows pointing downwards in Figure 1). Bodies at the different levels also need usable environment sensors and feedback from the environment.

Tasks for the Human Factors society are to promote the systems perspective, facilitate leadership, empowerment and participation for sustainability at the different levels including the two-way communication with adjacent levels and other organisations at the same level. The public opinion is important (see arrows at the upper left in Figure 1). Human factors could help in choosing media and in designing relevant content in a user-friendly way for the public. At each level a sustainability management system (SusMS) should be developed and implemented. The SusMS should include routines for identifying threats against sustainability, routines for mitigation

and routines for assurance that the SusMS processes are in function.



**Figure 1:** The socio-technical system involved in the control of sustainability (Idea after Rasmussen (1997), who used the levels Government, Regulators, Company, Management, Staff and Work as an example also important for control of sustainability)

#### 4. Resilience Sustainability Culture

In the HILAS project the concept resilience safety culture was introduced (Akselson et al. 2009, n.d.). Some experiences could be transformed to a first version of the concept “Resilience Sustainability Culture” for further development.

Then a resilience sustainability culture is defined as “an organisational culture that fosters sustainable practices and encourage active learning for sustainability”. It is a culture where values and attitudes about sustainability are shared. The culture expresses itself in three groups of aspects: psychological aspects (attitudes – how people feel), behavioural aspects (what people do), and situational aspects (artefacts such as technology, laws, sustainability management system – what the organisation has). Also the Bandura’s model of reciprocal determinism stating that these three groups of aspects influence each other positively and bi-directionally (Bandura 1977 a,b; 1986) encourage simultaneous efforts on all three groups of aspects.

Thus in each level of the system (Figure 1) learning for sustainability from research and experiences should take place. Plan-do-check-act routines should be used and lessons learnt should be shared globally. Routines supporting double-loop learning, i.e. for lifting problems to higher levels for changing governing parameters for solutions, should be implemented.

In a resilience sustainability culture gaps between what is stated and what is done, or by using the vocabulary of Argyris & Schön (1974): between espoused theory and theory in use, are actively looked for and eliminated.

Following Wreathall (2006) “Resilience is the ability of an organisation (system) to keep, or recover quickly to, a stable state, allowing it to continue operations during and after a major mishap or in the presence of continuous significant stresses”. Resilience engineering then proactively attempts to control processes so they stay within

the limits for sustainability. In control theory terms this means to focus on feed forward control in addition to feedback control (i.e. not waiting for negative effects).

## 5. Discussion and/or Conclusions

Differences, in e.g. culture, industrial development, form of government, religion, and availability to natural resources, make sustainable development very complex. The general aspects as presented here have to be developed and tested for hierarchical levels and their different contexts. Here is an important area for human factors researchers and practitioners in adequate co-operations.

## 6. References

1. Akselsson, R., Ek, Å., Koornneef, F., Stewart, S. & Ward, M. 2009, Resilience safety culture. In: Proceedings of the 17th World Congress on Ergonomics (IEA), August 9-14, 2009, Beijing, China.
2. Akselsson, R., Koornneef, F., Stewart, S. & Ward, M. n.d., Resilience safety culture in aviation organisations. Manuscript for book chapter.
3. Argyris, C. & Schön, D.A. 1974, Theory in practice: increasing professional effectiveness. San Fransisco: Jossey Bass.
4. Argyris, C. & Schön, D.A. 1996, Organizational learning II; theory, method and practice. Amsterdam: Addison-Wesley.
5. Bandura, A. 1977a, Social learning theory. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
6. Bandura, A. 1977b, Self-efficacy: toward a unifying theory of behavioural change, *Psychological Review*, 84, 191-215.
7. Bandura, A. 1986, Social foundations of thought and action: a social cognitive theory. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
8. Commission on Climate Change and Development 2009, Closing the gaps: disaster risk reduction and adaptation to climate change in developing countries. Im Internet verfügbar unter: [http://www.ccdcommission.org/File/report/CCD\\_REPORT.pdf](http://www.ccdcommission.org/File/report/CCD_REPORT.pdf) (December 30, 2009).
9. Flemming, S.A.C., Hilliard, A. & Jamieson, G.A. 2008, The need for human factors in the sustainability domain. In: Proceedings of the 52nd Annual Meeting of the Human Factors and Ergonomics Society. Santa Monica, CA: Human Factors and Ergonomics Society, S. 448-452.
10. FRMS forum 2009, FRMS forum. Im Internet verfügbar unter: <http://www.frmsforum.org/> (December 30, 2009).
11. HILAS Consortium 2009. Im Internet verfügbar unter: <http://www.hilas.info/mambo/> (December 30, 2009).
12. ICAO 2008, Safety management manual (SMS), Second Edition. International Civil Aviation Organization. Doc 9859. Im Internet verfügbar unter: <http://www.icao.int/icao/en/download.htm#Docs> (March 11, 2009).
13. International Ergonomics Association 2000. Im Internet verfügbar unter: [http://www.iea.cc/browse.php?contID=what\\_is\\_ergonomics](http://www.iea.cc/browse.php?contID=what_is_ergonomics) (January 4, 2010).
14. Koornneef, F. 2000, Organised learning from small-scale incidents. Delft: Delft University Press.
15. Morey, N. 1995, Ergonomics and the global problems of the twenty-first century, *Ergonomics*, 38, 1691-1707.
16. Rasmussen, J. 1997, Risk management in a dynamic society: A modelling problem, *Safety Science*, 27, 183-213.
17. United Nations General Assembly 1987, Our common future. Oxford: University Press. Im Internet verfügbar unter: <http://www.un-documents.net/wced-ocf.htm> (December 30, 2009).
18. Weick, K.E. & Sutcliffe, K.M. 2007, Managing the unexpected – resilient performance in an age of uncertainty, 2nd edition. San Fransisco: John Wiley & Sons, Inc.
19. World-Wide Fund for Nature 2008, Living planet report 2008. Im Internet verfügbar unter: [http://assets.panda.org/downloads/living\\_planet\\_report\\_2008.pdf](http://assets.panda.org/downloads/living_planet_report_2008.pdf) (December 30, 2009).
20. Wreathall, J. 2006, Properties of resilient organizations: An initial view. In: E. Hollnagel, D.D. Woods & N. Leveson (Eds), Resilience engineering, concepts, and precepts. Aldershot: Ashgate, S. 275-285.



## Social sustainability through occupational health and safety prevention in the construction industry

Constantin T. MANOLACHE, Sylvie NADEAU and Jean ARTEAU

*Mechanical Engineering Department, École de technologie supérieure,  
Montréal (Québec) H3C 1K3, Canada*

**Abstract:** The construction of reinforced concrete buildings and structures faces several challenges that aren't limited to the design of the structure and the pouring of concrete. Reinforcing steel bars must be assembled, installed in casing formworks and checked for quality purposes, in changing weather conditions, in a continuously changing building site and in lean construction environments and requirements. This article presents the documented material and technological parameters and activities (tasks, equipments, environment and variations) of rebar installers in Europe and North America. Many databases and websites have been consulted in French, in English and Rumanian: PubMed, Medline, Santé Canada, Centers for Disease Control and Prevention, Construction Safety Association of Ontario, European Agency for Safety and Health at Work, Occupational Safety and Health Administration, Fondation École Française du Béton, Classification Nationale des Postes, Métiers Sceau Rouge, Conseil Canadien des Normes, etc. Rebar installers must cut, shape and put in place steel components (notched rods, wreath steel wires and wire-mesh), that will be assembled in horizontal (concrete slabs, decks, beams and superstructures of bridges) or vertical (pillars and posts) formworks. Alternatively, the steel rebars could be assembled in a shop, moved to the construction site and installed in formworks (by crane). Rebar joints are spliced by a steel wire, welding or mechanical splices. These activities, work organization, environment and equipments are source of many occupational health and safety risks that will also be presented in this article.

**Keywords:** Workplace Health Protection, MSD Prevention, National Occupational Classification, steel fixers, Task Identification and Analysis.

### 1. Introduction

The economic development requires from nations and companies a demanding process of growth. When occupational health and safety are prioritized in an economic, political and social system, a plan for preventing diseases and injuries is enforced. The diseases and the injuries are caused by dangerous phenomena (physical, chemical and biological). These phenomena are harmful for the human body, but could also cause damage to technological equipment or work processes. The promotion of occupational health and safety is therefore essential in construction industry as well as throughout the lifetime of the structure.

The main objective of the construction industry is the design and the implementation of the basic infrastructure of buildings, roads or industrial construction. The

scientific literature and academic manuals on concrete (a material made of cement, water and aggregates) present design and calculations for the foundations of structures and look at the steel reinforcement of concrete from a design perspective only. However, the reinforcement of reinforced concrete structures is not only a section of a project to calculate and a shape to draw. It is also a product to be manufactured and put into a formwork.

In normal conditions (no load), the musculoskeletal system (MSS) has its biomechanical limits of mobility and driving forces. The tasks and working conditions require a repetition of movements that have a direct impact on physical recovery and MSS. Problems arise when a task requires the application of a driving force and a degree of mobility greater than the physical capacity of the worker or a repetition of gestures which has a negative impact on its physical recovery.

The musculoskeletal disorders (MSD) are defined as injuries and disorders of one or more components of the musculoskeletal system that may be caused or aggravated by risk factors in the workplace, during the execution of occupational activities (CSSTO, CRE-MSD 2007). The MSDs cause the main type of claims for work-related interruptions reported to the Commission de la Santé et de la Sécurité du Travail (Quebec Workplace Safety and Health Commission, the state agency for insurance and inspection).

As well, MSD:

- cause pain and suffering to thousands of workers each year;
- cost employers hundreds of millions of dollars due to absenteeism at work and lost productivity.

The objectives of this review of literature are:

- to describe the technological environment, materials, labor tasks specific to the occupation of rebar installers, as described in the literature (rebar is a contraction of reinforcing steel bar);
- To recall and clarify the regulations regarding this occupation;
- To identify the biomechanical risk factors of MSD as described in the literature.

## 2. Methods

The review of literature has targeted all publications: magazines, newspapers, scientific articles, courses or technical work, research reports and scientific presentations, norms, standards and regulations (making a direct link with the environment, materials, work tasks of layers of reinforcing steel and equipment). It has been directed and conducted in two (2) steps:

- with an emphasis on occupational injuries and musculoskeletal disorders among workers in the area surrounding the construction site;
- with an emphasis on the job of rebar installers: the environment, its materials and occupational specific tasks, an overview of the organizational factors and operational risks.

The retrieval methodology began with a consultation of databases and websites that are intended for publications with medical connotations in the sense of prevention of occupational diseases or for promoting health and safety in the field of construction: PubMed, Medline, Health Canada, CDC, Centers for Disease Control and Prevention, Construction Safety Association of Ontario European Agency for Safety and Health at Work, Occupational Safety and Health Administration, HSE, INRS, CSST, OPPBTP, etc.

Then, the sites of businesses, professional associations, practitioners, government departments and agencies that have a direct link with the theme have been consulted: reinforced concrete, steel frame and concrete structure in Canada, the United States and Europe: French School Foundation Concrete, cement Info, site of the French cement industry (based documentary), National Post Classification (NOC), Canadian Council of Directors of Apprenticeship (CCDA) Red Seal Trades, Service Canada, Canada (Standards Council of Canada NCC), Quebec (Le Bureau de normalization du Quebec BNQ), ISO Standards.

### 3. Results

Rebar installers must cut, shape and put in place steel components (notched rods, wreath steel wires and wire-mesh), that will be assembled in horizontal (concrete slabs, decks, beams and superstructures of bridges) or vertical (pillars and posts) formworks. Alternatively, the steel rebars could be assembled in a shop, moved to the construction site and installed in formworks (by crane). Rebar joints are spliced by steel wire, welding or mechanical splices. The steels are in the form of bars often 12 m long.

The standards define and establish the required characteristics on the parameters of the reinforcing steel, as the nominal diameter 'd' (mm) which corresponds to the nominal area of the section (in mm<sup>2</sup>) and mass per unit length (kg / m).

Advanced technologies, global markets and deregulation all have served to foster profound change in organizations: systems of production have become more and more integrated and dynamic. The Council of Science and Technology in 2006 called for products meeting specific requirements of users, offering high value added from a technical and knowledge-based perspective that are turned out in significant quantities.

Construction building in Canada is becoming lean, with the same principles and requirements one knows for lean manufacturing: flexibility, control of variations (quality and dependability of equipments) autonomous and polyvalent work, privileged relationships with subcontractors, reactive management.

These activities, work organization, environment and equipments are source of many occupational health and safety risks. Among the tasks performed by rebar installers, tying the steel bars seems to be the most physically demanding. The environments of construction sites are characterized by a variety of variables (weather, continuously changing building sites, etc.). The steel bars are heavy and difficult to manipulate. The rebar installer's job requires often extreme biomechanical positions, repetitive efforts for tasks taking many hours.

### 4. Discussion and/or Conclusions

The construction of reinforced concrete buildings and structures faces several challenges that aren't limited to the design of the structure and the pouring of concrete. Reinforcing steel bars must be assembled, installed in formworks and checked for quality purposes, in changing weather conditions, in a continuously changing building site and in lean construction environments and requirements.

Sustainable development seeks to respond to the current needs of people worldwide without compromising the capacity of future generations. From a sustainable

development perspective, the International Labour Organization (ILO) supports the right to decent work which cannot be performed without efforts to prevent occupational accidents and illnesses. In order to offer a workable and socially and economic sustainable rebar installer occupation an ergonomic intervention of this job is crucial.

To complement our review of literature, we will study and analyze in the next six (6) months the learning activities leading to the occupation of steel fixers (skills necessary in the process of metal structures and location of rods bars, wire mesh and steel used to reinforce concrete).

The research protocol involves the study of this activity by the participation of twenty (20) students and two (2) teachers of the Training Center Trades Steel 'Centre de Formation des Métiers de l'acier (CFMA)', during the program development skills. The CFMA, through its programs of study, equipment and environment, offers a valid preliminary research field, a real source of information to accomplish the main goals of our project: identify and analyze the work of rebar installers.

## 5. References

1. Occupational Health and Safety Council of Ontario – CSSTO, Centre of Research Expertise for the Prevention of Musculoskeletal Disorders - CRE-MSD et al. 2007, Part 1: MSD prevention Guideline for Ontario, MSD Prevention Series, (WSIB Form Number: 5157A), 36p.
2. Occupational Health and Safety Council of Ontario 2007, Occupational Health and Safety Council of Ontario's MSD Prevention Series, Part 2: Resource Manual for the MSD Prevention Guideline for Ontario, (WSIB Form Number: 5158A), 80p.
3. Association Française de Certification des Armatures du Béton - AFCAB, Centre d'information sur le ciment et ses applications – CIMBÉTON 2008, Les ouvrages en béton : durabilité, dimensionnement et esthétique', Collection Technique CIM Béton, FICHES TECHNIQUES CT-G12, R.C.S. Paris, Édition décembre, 110p.
4. Ditrachstein, J. et al. 2005, L'ARMATURE DU BÉTON CT-T46 'De la conception à la mise en œuvre', Collection Technique CIM Béton, R.C.S. Paris, Édition septembre, 125p.
5. Certification rules for Mark (AFCAB) Association Française de Certification des Armatures du Béton. Avril 2008, Pose d'armatures du béton, Rév. 4, RCC04, 11/30 p.
6. Association Française de Certification des Armatures du Béton, Organisme certificateur: AFNOR. 2008, Certification rules for the NF mark concerning the reinforcing steels, NF139, RCC03, Rév.7, 67p.
7. Chapman, M., Carol Chapman, C., Maddocks, C. et al. 2006, Occupational Analyses Series: Ironworker (Reinforcing), The Canadian Council of Directors of Apprenticeship (CCDA) (CCDA), Trades and Apprenticeship Division, 74p.

# Design for disassembly and ergonomically designed workstations at BMA Ergonomics

L.H.M. van der DOELEN

*Knowledge and Communication, BMA Ergonomics ,  
Schoener Weg 4, NL-8042 PJ Zwolle*

**Abstract:** A Dutch ergonomic consultancy firm and importer of office chairs became manufacturer of office chairs after the development of a self designed product from 1994. The project plan incorporated requirements for disassembling to anticipate future demands on recycling of materials. The originally outsourced production became part of the companies processes to achieve better quality. Subsequently ergonomically designed workstations were developed for the assembling process. A special concept of quality awareness (the “nudist beach” principle) was implemented in daily practice. A dedicated recycling line was developed to fulfil the promise to stakeholders to close the technological cycle of materials and to increase the percentage of recycled materials in the products. The company has added social and environmental issues to the common business objectives, thus achieving a high level of corporate sustainability.

**Keywords:** disassembly, quality system, sustainable development, recycling.

## 1. Introduction

BMA Ergonomics was founded as an ergonomics consultancy firm (BioMechanical Advisery) in 1988. The company began to focus on the office environment. Typical complaints, mainly Musculo Skeletal Disorders, were seen in the office with the introduction of new equipment (PC's). Part of the solution was seen in better office chairs. These were imported from Scandinavia.

The concept of sustainable development was on the agenda worldwide (WCED 1987, Rio Declaration 1992, described in Zink 2008). In several countries legislation was developed that considered environmental issues. E.g. in Germany “der Grüne Punkt” was introduced which regulated the responsibility of suppliers to recycle packaging materials.

By the beginning of 1994 BMA started a project to launch a self designed office chair (Internal Documentation BMA Ergonomics, 1994 classified). Having its roots in biomechanics and ergonomics it's not surprisingly that from the beginning the companies objectives were based on more than common business goals. Social goals (e.g. ergonomic workstations, fun at work, ergonomic products, regional employability) and environmental goals (e.g. design for recycling) were considered equally important. In this way this SME developed a high level of corporate sustainability based on the three pillars Profit, People and Planet (Zink 2008).

## 2. Design for Disassembly

In the project plan for the new office chair the principle of design for disassembly was introduced to meet (possible) future requirements on recyclability. It was required that during production, use and at end of lifecycle the environmental impact is as little as possible. This means attention for the use and selection of materials (e.g. recyclable plastics), design of components and product architecture, selection and use of fasteners (e.g. to apply one type of screw for connections), reuse of parts and packaging. Typical requirements that had great influence on the design for both disassembly and assembly were (Internal documentation BMA Ergonomics, classified):

- Modular construction of the frame. This allows to add or leave out different functionalities during assembly. It was also anticipated that it would make chairs easy to repair, increasing service levels.
- Click-on click-off system for cushioning of back and seat. This would create major advantages in flexibility, maintenance and logistics.
- It should be possible to outsource the complete production of frames and cushioning. BMA would just do the customer specific end assembly and distribution.

## 3. Designing an Ergonomic Assembling Process

The production of the chair mechanics was outsourced, but the quality was not satisfying. The development department was then challenged to design a new (in house) assembling process. Principles for Design for Manufacturing and Assembly were used in the design process (following guidelines by Philips, personal communication, documentation missing).

### 3.1 Ergonomic Workstations

A system of flow assembly was introduced replacing the former cell workstations. Sub assembly activities were balanced in time and number of components. Every workstation was designed according to ergonomic principles (working height, repetition, forces needed, posture, environment) and contains specific equipment and assembling aids that were developed and produced in house. A color scheme was used to separate processes and production aids (e.g. product carriers, stock, quality problems, ergonomic resources). Workstation hardware was constructed and kept in stock for future improvements and/or growth. Thus creating a very flexible concept of workstations that could be used to expand production facilities rapidly when needed. A 50% cost reduction was achieved compared to outsourced production.

### 3.2 The Nudist Beach Principle

Learning by mistakes is the prime driver of the continuous improvement concept that BMA developed. It is called the “nudist beach principle” where mistakes are visible to everyone, but nobody should be ashamed to make mistakes (Efferich 2006). In the assembling process four specific factors that reinforce quality are defined:

- Organization of quality control and handling of mistakes at the assembly line. Workstations are placed in series for specific assembling activities. They are connected according to the customer – supplier principle. The operator at a



certain workstation checks the semi finished product that was assembled by the operator before.

- **Repair workstation**  
Semi finished products that have assembly mistakes are collected on red colored carriers near every workstation. Parts from external suppliers that do not meet the quality specifications are collected in red boxes. They are analyzed and diagnosed at a clearly visible, centrally located, repair workstation in the production hall.
- **Contact person for production problems**  
Despite careful design of workstations and processes, problems can occur during operation. Operators are not acting the way they are supposed to act or technical problems can occur. A dedicated contact person is available for every worker to report problems at the workstations or in the production environment. His responsibility is to analyze the situation, contribute to (fast) interventions and inform the operators about the progress.
- **Training and task rotation of operators**  
New employees are getting instructions at the assembly workstations by a trainer from the quality department. This person is responsible for training and education which contains ergonomics (how to organize my workstation), product knowledge, logistics and quality system. The new employer has to pass a test to get a certificate. Only then a contract is offered. Employers can collect several certificates that cover all workstations and processes in the production hall. They get financial bonuses if they have more certificates. This motivates to get a high level of knowledge and skills. It allows to rotate operators from one station to another during the day, which guaranties a high level of flexibility and a reasonable change of workload.

#### **4. The recycling process**

A rework line dedicated to disassemble complete products was situated close to the expedition (see figure 1). For many years this was mainly used to disassemble chairs that have been in the field as demo chairs or that were developed as prototypes. In 2007 BMA started to upgrade this station to a recycle station to be able to handle at least 500 chairs per week. At the moment BMA Ergonomics is actually buying chairs back from end-customers at the end of life cycle if they intend to buy new products. Products are disassembled for recycling by specialist companies or by suppliers. BMA is increasing the percentage of recycled materials in the products (objective 65% in 2010) thus closing the technological cycle of materials (McDonough 2002). This case was presented at the Dutch National Sustainability Congress in 2009 (NSC 2009).

#### **5. Discussion and Conclusions**

The design of workstations and processes has been an intensive effort by a few dedicated workers in a fairly small company. They were a mix of management, engineers, technicians and workforce. The design for disassembly has become part of the regular development process. Still, it has appeared difficult to maintain this level of participatory development and culture when growing rapidly. Applying standards

that incorporate ergonomics in the business model could assist to maintain the achieved level of attention for human factors in a broad perspective. The IEA initiative on Ergonomic Quality in Design (EQUID) is one good example.



**Figure 1:** Recycling station at BMA Ergonomics. Chairs are disassembled at end of life cycle using the same (common) hand tools and workstation aids that were used to assemble the product

In recent years sustainability has become part of criteria for procurement by Dutch governmental institutes (Senternovem 2009a). They contain demands on e.g. packaging, transport, marking of individual parts and separation of materials by common hand tools. Customers are thus demanding sustainable products. By taking into account the disassembling phase of the product as a design criterium, BMA has anticipated the needs of future stakeholders. A new challenge appears in development of seating concepts to meet the needs of the future generation that is shifting from the need of functional products and services to emotionally engaging products and services (Karwowski 2008).

## 6. References

1. Elfferich, P. 2006, Bedrijf der duizend eilanden, verdienen met interne communicatie. Bedrijfscase BMA Ergonomics. Uitgeverij Thema.
2. Karwowski, W. 2008, Building sustainable human-centered systems: a grand challenge for the human factors and ergonomics discipline in the conceptual age. In: K.J. Zink (Hrsg.), Corporate sustainability as a challenge for comprehensive management. Heidelberg: Physica Verlag, S. 117-128.
3. McDonough, W. & Braungart, M. 2002, Cradle to cradle: Remaking the way we make things. New York: North Point Press.
4. National Sustainability Congres 2009, Themasesie 5: Samenwerking koplopers MKB en het grote bedrijfsleven (in english: Topic session 5: cooperation between front runners off SME's and mainstream business). Im Internet verfügbar unter: <http://www.sustainability-congres.nl>.
5. Senternovem 2009, Criteria for sustainable procurement of office furniture, version 1.3, July 28th 2009. Im Internet verfügbar unter: <http://www.senternovem.nl/sustainableprocurement/index.asp>.
6. Zink, K.J., Steimle, U. & Fischer, K. 2008, Human factors, business excellence and corporate sustainability: Differing perspectives, joint objectives. In: K.J. Zink (Hrsg.), Corporate sustainability as a challenge for comprehensive management. Heidelberg: Physica Verlag, S. 3-15.

# Social Sustainability in Global Value Creation: Contributions of Ergonomics Interventions

Klaus FISCHER, Christine HOBELSBERGER and Klaus J. ZINK

*Institute for Technology and Work, University of Kaiserslautern,  
Gottlieb-Daimler-Str. 42, D-67663 Kaiserslautern*

**Abstract:** Global value creation can be seen as some kind of “focal point” in the discussion on sustainable development. Particularly, the production in industrially developing countries is often burdened with poor working conditions and labor rights’ abuse. This paper presents new approaches in the design of global relationships between companies in industrialized countries and their suppliers from industrially developing countries which aim to tackle these problems. It is argued that these approaches are based on the application of micro- and macroergonomic methods and principles. These lead to benefits for buyers and supplying companies and enhance the sustainability of global value creation.

**Keywords:** Globalization, human factors, sustainable development.

## 1. Introduction

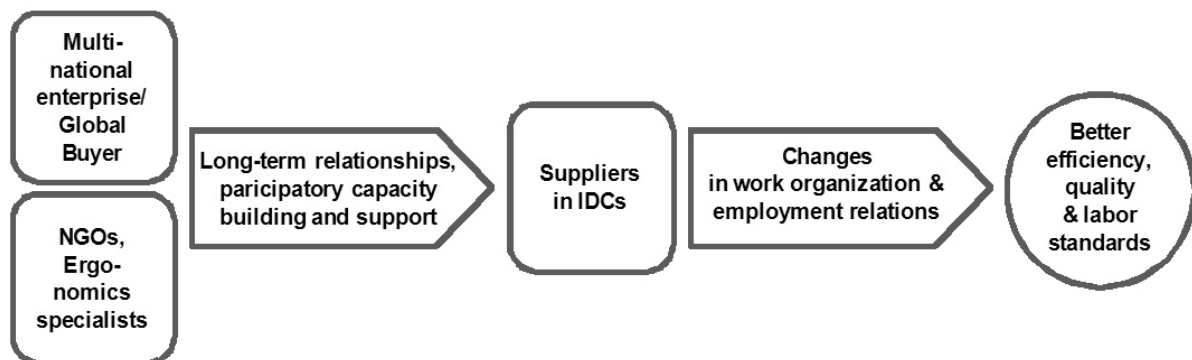
In our globalized economy, value creation processes are increasingly spread around the world. Following the “principles” of international labor division, labor intensive but rather simple steps of production are transferred from the industrialized world to industrially developing countries (IDCs) with lower wages and often weak social and environmental standards. Of course, this can bring several advantages to the respective countries. But in many cases, this development also leads to severe social, ecological and economical problems in IDCs, and thus cannot be seen as a sustainable one: Human resources and social capital are exploited through inhumane working conditions, child labor or corruption and local ecosystems are damaged. From the perspective of the vision of sustainable development it needs to be argued that the allocation of value and damage in our global economy generally not complies with the principles of “intra- and intergenerational equity”. Often, by far the largest parts of the value created remains with industrial nations, either as technological know-how or as the “branding” of products, while the developing countries’ resources are consumed (Bird & Smucker 2007).

Major problems refer to the social dimension of sustainability, comprising the working and living conditions of those people who participate in global supply chains, but are affected negatively by their work and paid insufficiently to survive. There is a multiplicity of examples how micro- and macroergonomic interventions throughout different phases of global supply chains can contribute to a more sustainable value creation (for a more comprehensive summary see Fischer, Hobelsberger & Zink 2009). This paper mainly focuses on ergonomics interventions in the production phase of so-called first tier suppliers in IDCs (they are supplying directly to global buyers), that allow to realize win-win-situations for both, suppliers and buyers.

## 2. Poor Working Conditions – not only a Question of Supplier Compliance

Multinational enterprises that act as global buyers are often reproached with taking advantage of the cheaper production in IDCs at the expense of employees, local society and environment. Mainly the increasing pressure by non-governmental organizations (NGOs) and critical customers at the beginning of the 1990ies led to the implementation of so-called codes of conduct (CoCs). By now, these voluntary corporate self-obligations are the most commonly used instrument to tackle problems in global value creation. Their compliance is usually checked by means of auditing and monitoring schemes that detect and report non-fulfilled requirements, but do not analyze the problems' root causes. After the audits' completion, finding specific measures of improvement is often left to the suppliers themselves (see also Hobelsberger, Fischer & Zink 2008). In this way, the final responsibility for improving working conditions remains with the supplying companies, and thus with the IDCs (CCC 2005).

Locke & Romis (2006) refer to this procedure as the “traditional model of compliance”. It is characterized by a certain transfer of claims for better working conditions throughout the whole supply chain: Starting with external pressure on multinational enterprises, exerted by customers and NGOs, responsibility is passed to the supplies in IDCs in the form of CoCs. Obviously, this strategy does not really focus on the root causes of poor working conditions – the codes are rather set up to release global buyers from their liability than to solve the problems. Therefore, it should not be surprising, that the effect of this kind of compliance is considered quite limited (CCC 2005). For this reason, Locke & Romis (2006) propose a shift of emphasis from CoCs and monitoring towards “a new model for improving labor standards” (see Figure 1).



**Figure 1:** New model for improving labor standards. Source: Locke & Romis 2006 (modified)

The model above indicates a certain “turn” in global relationships between buyers and supplying companies: The global buyers’ responsibility is not furthermore limited to policing the suppliers’ compliance. Instead, the buyers act as promoters for fundamental organizational changes at their suppliers by providing technical assistance and transferring know-how. As Figure 1 shows, this also opens new fields of activity for ergonomics specialists and respective NGOs. Unlike the traditional model of simply exerting pressure and passing down responsibility, the mainspring in this new model consists in a more cooperative and supportive approach.

## 3. Win-win-effects through Micro- and Macroergonomic Interventions

To attain this model, Locke & Romis (2006) systematically compared two Nike

supplying factories in Mexico. At a first glance the factories' compliance scores based on an external audit were almost identical. However, in practice a significant difference between the two factories in terms of working conditions and labor rights could be found. The analyses of Locke & Romis (2006) showed that the better performing factory applied a TQM based management approach that allowed to effectively address the root causes of poor working conditions. It thereby combined micro- and macroergonomic interventions like work content design (job rotation, job enrichment and enlargement) as well as employee participation and work organization, leading to multi-skilled work groups.

Starting with the above presented model, the authors of this paper further analyzed the field of "global compliance management" by document and literature analyses, expert interviews and through the participation in specific workshops and conferences. This explorative research is part of a current research project that focuses on new private (or semi-public) governance systems for sustainability in global value creation (project NAWAGO, funded by the German Federal Ministry of Education and Research; further information at [www.nawago.de](http://www.nawago.de)). The authors could identify further projects addressing suppliers from different sectors in IDCs, applying micro- and macroergonomic interventions to improve working conditions. These projects address suppliers in IDCs throughout different sectors e.g. textiles and different consumer goods. Contrary to the policing of CoCs, these approaches enabled the supplying factories to increase their productivity and product quality on the one hand as well as to improve working conditions on the other hand. As Locke and Romis stated, the better skilled workers were "by the way" protected from exploitation, as the factory's management feared that in case of maltreatment they would resign from their job and work for another factory. Additionally, more efficient suppliers can reduce their labor cost per unit which allows the increase of the workers' daily wages.

The examples of the above mentioned projects show that better working conditions and a higher employee satisfaction in supplying companies can be realized by a successful combination of micro- and macroergonomic interventions. The necessity of such a combination was also emphasized by Scott (2008) and Zink (2000). When microergonomic issues such as work place and work content design are combined with corresponding macroergonomic interventions like work organization and work process design, the problem of poor working conditions and non-compliance with codes of conduct can be addressed in a much more comprehensive manner. Some of the measures that are taken in the analyzed projects, supplemented by the measures described by Locke & Romis (2006), are presented below:

- Change from assembly lines to cell production with multi-skilled autonomous work groups
- Employee participation in the planning of production targets and scheduling, comprising voluntary overtime within the legal limit
- New bonus systems, based on group performance, not on individual performance to encourage collective learning and continuous improvements
- Job enrichment and rotation increasing the workers' responsibility for machine maintenance and quality control
- Promotion of in-house communication between managers and workers of supplying factories in order to identify problems at the operating level and to elaborate commonly supported solutions
- Improvement of dialog between buyers and production facilities, in order to evaluate potential effects of buying behavior on labor conditions



#### 4. Conclusions and Outlook

Setting up the above shown comprehensive measures at suppliers in IDCs of course requires a higher cooperative and more hands-on relationship between buyers and their supplying companies. Furthermore, these interventions should go along with a more long-term engagement and some kind of “moral support” by the contracting parties. One crucial factor also seems to be that the obtained savings by an increased efficiency at least partly remain with the suppliers and their workers. If these gains are finally exploited by global buyers through price lowering, a supplier will not be able to sustain the changes towards better employment relationships and improved work organization. In some regions, like e.g. Asian countries, dialogue and exchange between the hierarchical levels is not the common practice. Therefore, it cannot be taken for granted that workers are recognized as potential innovators for their work processes and “experts on site”. Furthermore, the situation at the supplier firms often does not allow to start improvements with sophisticated management tools, for the most part, rather simple first steps have to be taken before.

Besides these challenges, the presented examples show that there are further needs and possibilities for an application of micro- and macroergonomic interventions that are integrated in comprehensive TQM based management concepts. In general, the relationships and synergies between comprehensive management and ergonomics were discussed in several papers for a longer time (Rooney et al. 1993; Zink 1999), recently also in the context of corporate sustainability (Zink 2008). But as an approach to improve both – economic efficiency and working conditions – they could further play an important role in improving the sustainability in global value creation.

#### 5. References

1. Bird, F. & Smucker, J. 2007, The Social Responsibilities of International Business Firms in Developing Areas, *Journal of Business Ethics*, 73, 1-9.
2. Clean Clothes Campaign - CCC 2005, Looking for a quick fix. How weak social auditing is keeping workers in sweatshops. Amsterdam: Clean Clothes Campaign.
3. Fischer, K., Hobelsberger, C. & Zink, K.J. 2009, Human Factors and Sustainable Development in Global Value Creation. In: IEA (Ed.), 17th World Congress on Ergonomics of the IEA 2009. Beijing: IEA Press (CD-ROM).
4. Hobelsberger, C., Zink, K.J. & Fischer, K. 2009, Arbeitswissenschaftliche Aspekte internationaler Wertschöpfungsketten. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Ed.), *Arbeit, Beschäftigungsfähigkeit und Produktivität im 21. Jahrhundert*. Dortmund: GfA-Press, S. 121-129.
5. Locke, R. & Romis, M. 2006, Beyond Corporate Codes of Conduct: Work Organization and Labor Standards in Two Mexican Garment Factories. Massachusetts: MIT Sloan School of Management.
6. Rooney, E.F., Morency, R.R. & Herrick, D.R. 1993, Macro-ergonomics and total quality management at L. L. Bean, a case study. In: R. Nielsen & K. Jorgansen (Eds.), *Advances in Industrial Ergonomics and Safety V*. London: Taylor & Francis, S. 493-498.
7. Scott, P.A. 2008, Global inequality, and the challenge for ergonomics to take a more dynamic role to redress the situation, *Applied Ergonomics*, 39, 495-499.
8. Zink, K.J. 1999, Human factors and business excellence. In: J. Axelsson, B. Bergmann & J. Eklund (Eds.), *Proceedings of the International Conference on TQM and Human Factors – Towards Successful Integration*. Linköping: Linköping University, S. 9-27.
9. Zink, K.J. 2000, Ergonomics in the past and the future: from a German perspective to an international one, *Ergonomics*, 43, 920-930.
10. Zink, K. J. 2008 (Ed.), *Corporate Sustainability as a Challenge for Comprehensive Management*. Heidelberg: Physica-Verlag.



## Der Begriff „Humankapital“ und sein Bezug zur Arbeitswissenschaft

Regina OSRANEK und Klaus J. ZINK

*Lehrstuhl für Industriebetriebslehre und Arbeitswissenschaft,  
Technische Universität Kaiserslautern,  
Gottlieb-Daimler-Straße, D-67663 Kaiserslautern*

**Kurzfassung:** Die Beschäftigung mit dem Begriff „Humankapital“ nimmt zu und damit auch die Anzahl entsprechender Bewertungsmethoden. Es stellt sich daher die Frage, ob diese Konzepte auch aus arbeitswissenschaftlicher Sicht relevant sind. Dazu sind entsprechende Kriterien zu entwickeln bzw. aus dem Leitbild der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft abzuleiten. Bisherige Ansätze zur Bewertung erfüllen arbeitswissenschaftliche Kriterien noch nicht vollständig. Deshalb lässt sich ein Bedarf zur Weiterentwicklung ableiten. Die Integration arbeitswissenschaftlicher Methoden kann diese Weiterentwicklung vorantreiben.

**Schlüsselwörter:** Humanressourcen, Humankapital.

### 1. Der Begriff „Humankapital“ und seine Bedeutung

Sowohl in der Wissenschaft, als auch in der Wirtschaftspraxis werden die Konzepte einer Bewertung des sogenannten „Humankapitals“ intensiv diskutiert. Dies setzt zunächst eine Definition des Begriffs „Humankapital“ voraus. Scholz et al. (2004, vgl. S. 24) fassen unter den Begriff Humankapital das gesamte Wissen, den Intellekt, alle Fähigkeiten und die gesamte Kreativität in einem Unternehmen, es ist Teil der unternehmerischen Kapitalressourcen und bestimmt den Wert eines Unternehmens mit. Ergänzend zu diesen individuellen Aspekten bindet der Human-Potential-Index (HPI) die passenden Unternehmensprozesse in die Definition ein: Humankapital definiert sich demnach als „die intellektuelle, motivationale und integrative Leistung von Mitarbeitern, sowie durch geeignete Prozesse und Systeme, die sie unterstützen.“ (Schubert et al. 2008, S. 13)

Der Begriff Humankapital kann sich auf drei unterschiedliche Ebenen beziehen: Auf die Ebene des Individuums, der Organisation und der Gesellschaft. In der vorliegenden Diskussion wird die Ebene der Organisation eingenommen.

Die Bedeutung der Mitarbeiter als wichtige Erfolgsfaktoren für die Erreichung der Unternehmensziele ist auch in der Arbeitswissenschaft unstrittig. Die Analyse und Gestaltung von Arbeitsbedingungen erfordern eine geeignete Bewertung. Es stellt sich daher die Frage, ob eine Humankapitalbewertung dazu genutzt werden kann.

Der Begriff Humankapital wird häufig mit Begriffen wie Humanvermögen, Humanressource oder Humanpotential gleichgesetzt oder in Verbindung gebracht. Diese Gleichsetzung ist genauso kritisch zu hinterfragen, wie die Verwendung des Begriffes Humankapital. Eine vertiefende Erörterung ist an dieser Stelle jedoch nicht möglich.

## 2. Aktuelle Bewertungsinstrumente für Humankapital unter einer arbeitswissenschaftlichen Perspektive

Um den Wert des Humankapitals zu bestimmen, wurde in der Vergangenheit bereits eine Vielzahl von Bewertungsmodellen entwickelt, in die unterschiedliche Messgrößen eingeflossen sind. Zwei der aktuellsten Bewertungsmethoden, die auf bisher entwickelte Bewertungsmodelle aufbauen, werden an dieser Stelle zur Diskussion herangezogen: die Saarbrücker Formel und der Human-Potential-Index (HPI).

Die Saarbrücker Formel von Christian Scholz und seinen Mitarbeitern hat als Ergebnis einen monetären Wert des Humankapitals. Hier wird der Wert des Humankapitals für Mitarbeiter verschiedener Beschäftigtengruppe gemäß ihrer tatsächlichen Beschäftigtenverhältnisse als Full-Time Equivalents (FTE) berechnet. Die FTE werden mit marktüblichen Referenzgehältern und dem möglichen Wertverlust (beschäftigtengruppenspezifische Wissensrelevanzzeit im Verhältnis zur Betriebszugehörigkeit) multipliziert. Personalentwicklungskosten werden als Investition addiert (Wertsteigerung) und mit einem Motivations- bzw. Commitment-Index wiederum multipliziert (vgl. Scholz et al. 2004, S. 226-232).

Seit einiger Zeit erfährt ein Bewertungsansatz größere Aufmerksamkeit, der im Auftrag des Bundesministeriums für Arbeit und Soziales entwickelt wurde: der Human-Potential-Index (HPI), ein Rating-Instrument zur Bewertung geeigneter Strukturen und Instrumente zur Förderung des Humankapitals von Unternehmen (Schubert 2009). Humankapital wird hier mit Humanpotential gleichgesetzt. Als Resultat des Ratings können für alle erfragten Themenbereiche Werte im Benchmark mit anderen Unternehmen angezeigt werden, woraus sich Themenfelder ergeben, in denen das Unternehmen noch Verbesserungen vornehmen sollte. Der HPI erfasst durch einen standardisierten Fragebogen zum einen Wertschöpfungsprozesse (u.a. Personalstrategie, Personalmanagement, Personalplanung, Change Management) und zum anderen den Einsatz sog. Nachhaltigkeitsinstrumente (u.a. Unternehmenswerte, Demographie, Work-Life-Balance). Zusätzlich werden Zielgrößen wie Engagement-Indikatoren und Kennzahlen des wirtschaftlichen Erfolgs erhoben, um den Zusammenhang zwischen Werttreibern und Zielgrößen zu ermitteln.

Seit der Entwicklung des HPI finden fachliche Diskussionen über die Methodik beider Ansätze statt, die an dieser Stelle nicht vertieft werden sollen. Tatsächlich haben beide Konzepte unterschiedliche Intentionen, was die Diskussion um die richtige Methodik etwas entkräftet: Während es bei der Saarbrücker Formel um eine monetäre Erfassung des Humankapitals geht, erhebt der HPI die Rahmenbedingungen und Strukturen, die als Grundlage für die Bildung von Humankapital dienen. Dies spiegelt sich in der Definition von Humankapital des HPI wieder, die neben den individuellen Aspekten auch die Prozesse und Systeme in die Definition integriert. Damit lässt sich das Konzept des HPI mit der Zielsetzung der Arbeitswissenschaft in Verbindung bringen, wie sie im Leitbild der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (GfA) formuliert wird:

„Die Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V. fördert durch disziplinübergreifende, ganzheitliche Forschungs- und Gestaltungskonzepte die Qualität der Arbeits- und Lebensbedingungen.“ (GfA 1999).

Eine arbeitswissenschaftliche Gestaltung von Rahmenbedingungen für die Aufrechterhaltung und Entwicklung von „Humankapital“ benötigt eine dementsprechende Bewertung, die ebenso arbeitswissenschaftliche Kriterien erfüllen sollte. Beispielhaft können diese wie folgt formuliert werden:

- Berücksichtigung der Sicht des Unternehmens und der Mitarbeiter: Wenn es

das Ziel der Arbeitswissenschaft ist, Gestaltungskonzepte zur Sicherung der Qualität der Arbeits- und Lebensbedingungen zu entwickeln und anzuwenden, dann ist bei der Bewertung von Humankapital nicht nur die Sicht des Unternehmens, sondern auch die der Mitarbeiter zu berücksichtigen. Hierzu können Faktoren wie z. B. Work-Life-Balance oder Chancengleichheit zählen.

- Bewertung von Arbeit(sbedingungen) unter Nachhaltigkeitsaspekten: Aus der Aussage, „Die Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V. und deren Mitglieder fühlen sich dem gesellschaftlichen Ziel verpflichtet, wo immer möglich, Beiträge zur Erhaltung, Schaffung und (angemessenen) Verteilung von humaner, wirtschaftlicher und umweltverträglicher Arbeit zu leisten.“, lässt sich eine Nachhaltigkeitsperspektive für die Bewertung von Humankapital eines Unternehmens ableiten.
- Bewertung als Grundlage für Verbesserungsmaßnahmen: Ziel arbeitswissenschaftlichen Handelns ist u. a. die Gestaltung von humanen Arbeitsbedingungen. Bewertungskonzepte sollten daher zu Handlungsempfehlungen führen.
- Adäquate Bewertung im jeweiligen Kontext: Bei der Bewertung von Humankapital ist es wichtig, Anforderungen und Rahmenbedingungen (z.B. Unternehmensgröße) zu berücksichtigen. Die Bewertungsdimensionen können daher unterschiedlich ausgeprägt sein.
- Disziplinübergreifende ganzheitliche Bewertung: In der Arbeitswissenschaft wird das Wissen aus verschiedenen wissenschaftlichen Disziplinen verknüpft, um menschliche Arbeit analysieren, bewerten und gestalten zu können. Diese disziplinübergreifende, ganzheitliche Bearbeitung sollte in einem Bewertungskonzept ebenfalls aufgegriffen werden.

Trotz der unterschiedlichen Zielsetzung beider Instrumente lässt sich sagen, dass sowohl die Saarbrücker Formel als auch der HPI die Kriterien, wie sie oben formuliert worden sind, nicht vollständig erfüllen. Beispielsweise wird in der Saarbrücker Formel die Qualität der Arbeit aus Sicht der Mitarbeiter mit der Komponente „Motivations- bzw. Commitment-Index“ erfasst. Es ist jedoch zu vermuten, dass Mitarbeiter die Qualität der Arbeit nicht allein über die vorhandene Motivation und Personalentwicklung definieren. Die Bewertung unter Nachhaltigkeitsaspekten wird in der Saarbrücker Formel eher vernachlässigt. Personalentwicklungskosten werden zwar erhoben, dies genügt jedoch nicht dem Anspruch einer nachhaltigen Perspektive.

Im Falle des HPI wird beispielsweise keine umfassende Mitarbeiterbefragung durchgeführt (vgl. Schubert et al. 2008, S. 30; Schubert 2009, S. 10). Die Berücksichtigung von Mitarbeiterinteressen ist zwar durch die Auswahl der Skalen gegeben, entspricht aber nicht einer tatsächlichen Stakeholdereinbindung.

### **3. Integration von Bewertungsmethoden der Arbeitswissenschaft in ein umfassendes Konzept zur Bewertung von Humanressourcen**

Ein ganzheitliches Bewertungskonzept, das alle formulierten arbeitswissenschaftlichen Kriterien erfüllt, steht noch aus. Seine Entwicklung kann durch die Integration bisher vorliegender Bewertungsmethoden aus der Arbeitswissenschaft vorangetrieben werden, die humankapitalförderliche Rahmenbedingungen erheben, wie z. B. das von Frieling et al. entwickelte Instrumentarium zur Messung der Lernförderlichkeit von Arbeit (Frieling et al. 2006), der Arbeitsfähigkeitsindex (z. B. Ilmarinen & Tempel 2002) oder Kennzahlen zur Beurteilung der Beschäftigungsfähigkeit. Die Forderungen, unterschiedliche Interessengruppen zu berücksichtigen, lassen sich

durch Ansätze erfüllen, wie sie in integrativen Konzepten zu finden sind. Hierzu zählen z. B. die in der Literatur unter „Performance Management“ zusammengefassten Konzepte, die in den meisten Fällen dazu ein Business oder Performance Excellence Model heranziehen. Diese Instrumente sind zu ergänzen um jene, die arbeitswissenschaftliche Inhalte implizit beinhalten wie die Methoden zur Bewertung von Nachhaltigkeit, z. B. „Sustainability Assessment for Enterprises“ (SAFE) (Baedeker et al. 2002) des Wuppertaler Instituts für Klima, Umwelt, Energie oder der Ansatz einer „Sustainability Balanced Scorecard“ (Schaltegger & Dyllick 2002).

#### 4. Zusammenfassung und Ausblick

Die Notwendigkeit, Humanressourcen einen hohen Stellenwert einzuräumen, wird in der wissenschaftlichen und wirtschaftlichen Praxis zunehmend akzeptiert. Es wäre wünschenswert, diese Konzepte um eine arbeitswissenschaftliche Sichtweise zu erweitern. Die bisher vorliegenden zahlreichen Bewertungsansätze für „Humankapital“ erfüllen diese Kriterien nicht oder nur zum Teil. Es stellt sich daher die Aufgabe, arbeitswissenschaftliche Bewertungskonzepte in die Entwicklung eines Bewertungsinstrumentes zu integrieren, damit diese Kriterien erfüllt werden.

#### 5. Literatur

1. Baedeker, C., Heuer, P., Klemisch, H. & Rohn, H. 2002, Handbuch zur Anwendung von SAFE – Sustainability Assessment For Enterprises, Ein Instrument zur Unterstützung einer zukunftsfähigen Unternehmens- und Organisationsentwicklung. Wuppertal: Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH im Wissenschaftszentrum Nordrhein-Westfalen.
2. Frieling, E., Bernard, H., Bigalk, D. & Müller, R. 2006, Lernen durch Arbeit: Entwicklung eines Verfahrens zur Bestimmung der Lernmöglichkeiten am Arbeitsplatz. Münster: Waxmann Verlag.
3. Gesellschaft für Arbeitswissenschaft 1999, Selbstverständnis der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft. Dortmund: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft.
4. Ilmarinen, J. & Tempel, J. 2002, Arbeitsfähigkeit 2010. Was können wir tun, damit sie gesund bleiben?. Hamburg: VSA Verlag.
5. Schaltegger, S. & Dyllick, T. (Hrsg.) 2002, Nachhaltig managen mit der Balanced Scorecard, Konzept und Fallstudien. Wiesbaden: Gabler Verlag.
6. Scholz, Ch., Stein, V. & Bechtel, R. 2004, Human Capital Management. Wege aus der Unverbindlichkeit. München: Luchterhand.
7. Schubert, A. 2009, Der Human-Potential-Index (HPI) als Rating-Instrument zur Messung und Steuerung des Humankapital-Managements, *Wirtschaftspsychologie*, 11, 7-16.
8. Schubert, A., vor der Brüggen, T. & Haferburg, M. 2008, Sicherung der Zukunfts- und Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen durch Verbesserung qualitativer humanressourcenorientierter Kriterien, Forschungsbericht F 2127. Im Internet verfügbar unter: <http://www.psychonomics.de/article/articleview/1733>).
9. Smith, P.C., Kendall, L.M. & Hulin, C.L. 1997, The Measurement of Satisfaction in Work and Retirement. Chicago: Rand McNally.

# The contribution of auditing and monitoring within Ergonomics

Christian VON MITZLAFF

*LIFT Standards e.K., Krampasplatz 4a, D-14199 Berlin*

**Abstract:** Compliance Auditing / Monitoring is a crucial tool to assess the actual workplace situation but need to be modified in the interest of efficiency and creditability to respect the human factor in a global supply chain if contributing to Sustainable Development.

**Keywords:** Social Compliance, Audit Practice.

## 1. Important Social Auditing Initiatives in the Past

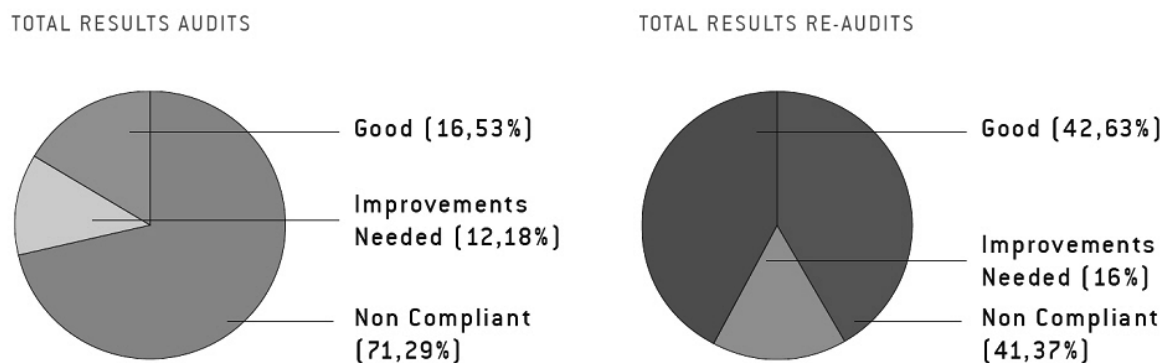
In the middle 90s the debate on child labour provoked to set up the first massive monitoring approach organized through the International Labour Organization (ILO) project in Bangladesh with the partnership of the garment business association and UNICEF. The International Programme on the Elimination of Child Labour (IPEC) of ILO covered about 3000 export-oriented garment factories with continuous unannounced monitoring visits and achieved a respectful awareness among the factory management reducing the rate of detected child labour from over 42% to under 0.5 % between 1995 and 2003 (Combined Evaluation of ILO/IPEC garment sector projects as part of the "Memorandum of Understanding" framework with the Bangladesh Garment Manufacturers and Exporters Association, ILO-IPEC Design, Evaluation and Documentation Section, April 2004: p. 22). In 1998, the ILO Declaration on Fundamental Principles and Rights at Work has been adopted which opened the issues to be assessed at the factories to a wider range of labour standards. The brands and retailers started to develop monitoring programmes and the industry emphasised the voluntary character of Social Compliance Code of Conduct and the participation in audit systems. Social Monitoring and Auditing was either done by Compliance Officers of buyers or by chartered accountants and quality inspection firms at the beginning. Social Compliance Audit developed during the past decade into a separate service sector. The elements assessed against the national labour legislation and the buyers code are Forced and Child Labour, Occupational Health and Safety, working hours and overtime, payment, entitlement and benefits, harassment or abuse, discrimination, discipline system, the effectiveness of the grievance system, recruitment practice and the Freedom of Association and Collective Bargaining.

## 2. Audit Experience

Lingering criticism of human violation in the global supply chain over one and a half decade has led to the development of various audit systems due to inefficient national law enforcing mechanisms in the supplier countries. In order to improve the credibility of buyers and brand statements on labour conditions at their sourcing sites, independent audits became the standard practice being conducted by so called 'third parties', executed by either private audit firms, NGOs or in combination with monitoring initiatives respectively associations. Retailers, brands and buyers formed mem-



bership organisations with different models of civil society participation in the governing body. The Fair Labor Association (FLA) for example, based in Washington, DC, consists of a tripartite Governance Board with an equal share of retailers (Participating Companies), NGOs and universities as licensor. In 2008 a total of 4,532 factories have been listed by the Participating Companies for audit of which 2.6% have been audited in 2008 by accredited Independent External Monitors (FLA 2008). The success rate assessed in the Verification Audits of 2008 is 48% of complete resolved compliance issues (FLA 2008). FLA makes their audit verification findings public in form of 'Tracking Charts' disclosing the non-compliance issues, the buyer and the country of sourcing but with anonymous factory code. The Business Social Compliance Initiative (BSCI) was created in 2003 under the auspices of the Brussels based Foreign Trade Association (FTA) and is the largest association of retailers with more than 400 corporate members. Between 2003 and 2008 over 6121 initial audits and 2431 re-audits have been conducted (BSCI 2008, see figure 1).



**Figure 1:** BSCI Audit results 2003 – 2008

Audit systems can be categorized by their governance structure, their policy on factory improvement requirements, the selection of factories and the appointment of the auditor. In one model the factory is selected by a computer system, which randomly generated a factory list and neither the buyer nor the supplier are involved in the auditor appointment. In another model, it is the buyer who selects which factories shall be audited and by which audit company.

### 3. Practice of Auditing

Factories producing in the global supply chain are generally only the first tier suppliers monitored and visited by auditors. The audit practice varies in terms of comprehensiveness like the number of auditor/days in the factory and audit techniques. The challenges auditors face at the factory:

Most of the audits are announced which gives the factory sufficient time to prepare in particular the documents and 'coach the workers' to respond in the interview with the auditors of what is required by the national labour law. The factory management often is experienced in dealing with auditors and mostly state that they fully obey the legal and the buyers' code requirements. Auditors need to be investigative to discover the gap of actual working practice and the compliance norm. Auditors compare factory documents with the workers testimony which is the lead to unfold the non-compliance issues. Confidence building with the workers is essential although they are frequently intimidated by the floor management with warnings, that either they



may face personally retaliation when disclosing facts to the auditors or for the sake of the factory staying in business, auditors must not get to know the actual working situation. An uneasy challenging for the factory management to comply with is the provision of working hours. Rather does management hide the actual working hours, presenting false or manipulated records. With a set of double books the illegal overtime is paid in cash. Those records are kept hidden when auditors are on the factory floor. The issue of overtime and night work is so interrelated with planning, procurement and production processes that root-causes are hardly addressed. Another not respected issue is the acceptance of authentic workers representation or unions at the workplace. Part of the core labour rights is the Freedom of Association and the right of Collective Bargaining (ILO Conventions 87 and 98) which are widely unfulfilled. Auditors raised expectations to the workers as auditors listen to their complaints and workers hope that if their testimonies would reach the factory owner or the buyer, the working situation would change. But during the years, many workers have observed a series of auditors coming to the factory floor and going with too little changes in the eyes of the workers. This has led to a fatigue by the workers and for the auditors building a communicative cooperation with the workers is an increased challenge.

#### **4. Learning from Audit Practice and Current Approaches**

Many years of worldwide audit experience and audit reports did not achieve major improvement towards sustainable working conditions.

Audit results and reports do not bring by themselves a change on the workfloor. It depends on the will of the top supplier management whether and to which extent non-compliance issues shall be remediated. From my experience changes are not likely to happen without a strong request and the warning of potential sanctions expressed by the commercial partner. The above figures of FLA and BSCI stipulate that in around 50% of the cases suppliers achieve to correct non-compliance issues. The elapsed time between the initial and the re-audit or verification visit often varies between 1 and 2 years. It is the party interested and requesting the compliance with the labour standards – the buyer – who needs to follow-up closely. But the buyers' local compliance staff is hardly able to facilitate complex change management processes in a consultancy function. Besides, many buyers are sourcing via agents and are not represented with own staffed offices in the sourcing countries. In addition isn't the objective to continuously source at a lower price not potentially weakening the interest in fulfilling the compliance requirements? It increases the temptation to short-cut corners on the production floor while keeping the product quality: the potential to squeeze lies with the human factor. – Consumer pressure or public image often is the driving force with impacts in changes for the workers to improve their working conditions. Few buyers (brands) disclose their factory list like Timberland (The Timberland Company 2009) and adidas (Adidas 2009) and prefer to keep this information internal for competitive reasons but also to minimise the risk of being potentially linked with factories of sub-standards. Transparency and public reporting on the compliance status of suppliers remains a sensitive topic. Buyers often don't know in how many factories the products are made manufactured. The risk of production in unauthorized sub-contracted facilities with unknown working conditions is immanent in garments. Responsibility: Buyers like to emphasise that social responsibility lies with the supplier. Furthermore is it the responsibility of the supplier's government to enforce compliance with the labour legislation and the signed ratified ILO Conventions. How-

ever as a substitute to the national law enforcement mechanism, buyers increasingly support a stakeholder involvement with the participation of the civil society members like NGO's. Institutional support by civil society groups in the consumer markets and the western trade unions for their peer organisations help to build up a vocal stakeholder community. An active assistance to the development of trade unions on factory level is relatively new and is not a mainstream trend. From auditing to compliance projects: The buyers recognize the limited capacity audit visits have on the change process at the production site and are supporting advisory activities to assist the factory management in the implementation of improved working conditions.

## 5. The Outlook of Monitoring

Monitoring of working conditions will continue to be the base to compare whether the workplace is compliant with legal requirements and the buyers can confidentially ensure to fulfil Corporate Social Responsibility in their supply chain. However the challenges remain on how to include a larger number of suppliers compared to the conventional practice of audit visits and how a continuous communication flow with the factory management and the workers could function. Factory information needs to be processed and make credible data available on the actual compliance status. Compliance data generated in figures and with charts will be easy to monitor, following up the factory progress and possibly benchmark with other production sites. The qualitative reporting would still be necessary as complementary information to specify and underline the numeric compliance status.

In summary, an ongoing communication among the concerned business partners is the basis to gradually improve the working conditions and thus is crucial to provide a compliant workplace of labour standards. Workers and their representatives need to be part of a regulative mechanism which can foremost be an inner-enterprise activity. Participatory Monitoring can favour a cooperative behaviour at the factory and accelerating the compliance process. In cases where inner-enterprise mechanisms are not visible and without impact, external parties see their role of involvement or to build up external pressure. Compliance Auditing and Monitoring remains a crucial tool to assess and reflect the actual situation at the workplace. Hence the necessity to upgrade many practiced methods is immanent in order to efficiently highlight and bring into compliance the human factor in a global supply chain and thus contributing to Sustainable Development.

## 6. References

1. Adidas 2009, Licensee Factory List. Im Internet verfügbar unter: [http://adidas-group.com/en/sustainability/assets/factory\\_list/2009\\_July\\_Licensee\\_Factory\\_List.pdf](http://adidas-group.com/en/sustainability/assets/factory_list/2009_July_Licensee_Factory_List.pdf).
2. Business Social Compliance Initiative 2008, Annual Report 2008. Brüssel: Business Social Compliance Initiative, S. 8 und S. 31.
3. Fair Labor Association 2007, Annual Report 2007. Washington, DC: Fair Labor Association, S. 7 und S. 27.
4. The Timberland Company 2009, Q3 2009 Factory Disclosure. Im Internet verfügbar unter: [http://www.earthkeeper.com/Resource\\_/PageResource/CSR/Q3\\_2009\\_reports/Q3\\_2009\\_Factory\\_list.pdf](http://www.earthkeeper.com/Resource_/PageResource/CSR/Q3_2009_reports/Q3_2009_Factory_list.pdf).

## Integration of safe work process at the design stage: Access at height for safety and productivity

Jean ARTEAU

*Mechanical Engineering Department,  
École de technologie supérieure ÉTS,  
Montréal QC Canada H3C 1K3*

**Abstract:** After their construction, buildings and structures will need maintenance. Statistics of occupational accidents demonstrate that many severe accidents occur during maintenance operations. Therefore a human-oriented design shall integrated maintenance issues. The design of work process and facilities integrate the elimination of hazards as well economical aspects. As example, equipment for the maintenance of a building is used; two solutions are compared. The permanent installation of rails is the best solution considering all factors including safety, ergonomics and economics. This approach shows that the best solutions eliminates or isolates the hazardous phenomena, reducing occupational safety and health risks and costs, and increase the productivity and the quality of the work. Occupational safety and health is only one of the sides of work and therefore the real solution of an OSH problem is done when the work is designed correctly from the beginning.

**Keywords:** Safe design, risk assessment, fall from height, economics.

### 1. Introduction

After their construction, buildings and structures will need maintenance. Unfortunately means to safely achieve maintenance operations are not present because they were ignored or neglected at the design stage. This is true in North-America. Since April 1995 in France and probably in the European Union, it is mandatory for the group in charge of the design and the construction to transmit the maintenance manual to the users of the building one month after its completion (INRS ED773). In North America, the demonstration for a mandatory maintenance manual is still to be done. In Europe, more examples with detailed approach are still useful. Statistics of occupational accidents demonstrate that many severe accidents occur during maintenance operations. Durable development includes the preservation of the human life which includes its physical and psychological integrity. Therefore a human-oriented design shall integrated maintenance issues (INRS ED950; Arteau 1997). Unfortunately occupational health and safety OSH issues are often perceived as additional costs by the companies. This perception is true if OSH is limited to personal protective equipment PPE and corrections after the case or the construction is completed. PPE do not modify the work process which keeps the same dysfunctions and the same hazards; PPE reduce the severity of the damage. Corrections after the case are expensive and often do not address the hazardous phenomena itself. The cost of safety is higher when done after the construction and that the ease of safety is greater done at the design stage with a lower cost (NOHSC). Occupational safety hazards are corrected totally and more economically by the use of equipment that

addresses the hazards at the source and by corrective measures integrated at the design stage. Maintenance operations need often access at height which will be used as illustrative case.

## 2. Methods

The article is based on several examples of the design of work process and facilities where the hazards as well economical aspects were integrated. The analysis is based on the methodology of risk assessment published by the CRAMIF (CRAMIF DTE127 and 167) to which is added the economical approach of work facility design published by INRS (INRS ED847). Supplementary criteria are considered as esthetical aspects.

## 3. Results: a large departmental store with a 200m facade

A large departmental store built in 1920s was renovated in Montreal in 1998-1999. The new owner added a cinema at the top which means the addition of several floors to the building (see figure 1).



**Figure 1:** Renovated building with a stylized cornice

The architects suggest a cornice at the top as stylized reproduction of the traditional architecture around the renovated building (see figure 2); the owner rejected the idea because at it was too expensive.



**Figure 2:** *Exiting traditional cornices*

Instead, the owner proposed a permanent window washing suspended scaffold system. The architect and the owner agreed for an anchoring system integrated in the cornice (Sabourin 2000). Anchorage planning facilitates the work and the use of fall arrest equipment during both the construction and use of the building. Rails hidden in the eaves reproduce the architecture of buildings from the early 20th century; they serve as anchorages for flying scaffolds and for fall arrest systems while being aesthetic (see figure 3).



**Figure 3:** *Rail and suspended scaffold*



What were the alternatives? What are their costs? What are the dangerous phenomena associated with each? The information was given by the designer, manufacturer and installer of the permanent rail (Gagnon). The tasks performed around the facade of the building are numerous and exceed the window washing. The facade maintenance include: window cleaning (3 to 4 times per year because this is a commercial building), weather-stripping replacement; masonry, light replacement, advertising signs, decorations (Christmas, Easter, etc). Eight interventions per year were estimated. Two alternatives were considered; both use a suspended scaffold; they differ by the anchoring system.

The first alternative is the use of temporary beams and counterweights. This alternative requires the design and installation of 35 permanent anchors on the roof at a cost of 42 000 cdn dollars; the anchors are mandatory for the individual fall arrest system (harness, energy absorber, fall arrester, vertical rope, and anchor). The annual reimbursement is 5439 cdn dollars. The alternative involves: rental of the scaffold, the beams and the counterweights (1000 cdn dollars), transportation on the roof ((4h up + 4h down) × 2 workers), moving the beams and counterweights every 6 m (2h × 2 workers × 35 times) for a total cost of 10 400 cdn dollars for each installation (see Table 1). Eight times per year make 83 200 cdn dollars. The second alternative uses a permanent rail integrated to a decorative cornice. This alternative requires the design, manufacturing and installation of 35 permanent anchors on the roof and the rail at a cost of 90 000 cdn dollars. The annual reimbursement is 11 655 cdn dollars. The suspended scaffold is supplied with the system. The scaffold is to be installed on the rail and uninstalled (2h × 2 persons) for a cost of 240 cdn dollars. Eight times per year makes 1920 cdn dollars (see Table 1).

Table 1 summarizes and compares the costs. The total of capital reimbursement and operation costs is 89 139 cdn dollars for the temporary solution and 14 575 cdn dollars for the permanent rail per year.

**Table 1** Cost comparison between temporary installation and permanent rail

		Temporary	Permanent rail
Engineering, manufacturing, construction		42 000	90 000
10 years at 5% interest rate = per year		5 439	11 655
Yearly inspection		500	1 000
For each installation 8 times a year			
Rental cost	1 000		0
counterweights on the roof (4h)+ reverse (4h)	1 000		240
counterweights at every 6 m 2 hours X 2 persons			
Facade 200 m / 6m = 35 times	8 400		0
For each installation	10 400		240
Total installation 8 times a year: X 8 =		83 200	1 920
Total per year		89 139	14 575
Note: All prices in 1999 Canadian dollars.			

The major dangerous phenomena are the fall from height and the manual transportation of beams and counterweights (ergonomic danger). The fall from height hazard remains theoretically the same but the stability of temporary support beams is questionable and lower than the permanent rail; the probability of scaffold system fai-



lure is reduced. With the permanent rail, the transportation of beams and counterweights disappear. The permanent rail system is safer, ergonomically better, less expensive and reduced work constraint and physical cost for the worker. It is also integrated to the architecture of adjacent buildings.

#### 4. Conclusion

The best solutions eliminate or isolate the hazardous phenomena, reducing occupational safety and health risks and costs, and increase the productivity and the quality of the work. These examples demonstrate that occupational safety and health is only one of the sides of work and therefore the real solution of an OSH problem is done when the work is designed correctly from the beginning. Also a systemic approach considers all variables; these variables could be a source of danger, generate costs and consequences on the productivity. When a methodology addresses all variables, the benefits of a safe design can be demonstrate and the point of view of all concerned persons could find its answer. A final conclusion: eliminating the hazard at the source at the design stage or by major upgrading reduce the long term operation costs by improving productivity and reducing future insurance costs. . This global approach presents arguments and points of view understandable by all persons or groups of interest related to the work activity.

#### 5. References

1. Arteau, J. 1997, Falls from Elevations», Encyclopaedia of Occupational Health and Safety, 4th edition. Geneva: International Labour Organization, S. 58.70-58.75.
2. CRAMIF 2002, Safety of work equipment: Guide for Risk Analysis and Choice of Protective Measures DTE127eng, 2nd edition. CRAMIF.
3. CRAMIF 2004, Guide pour l'évaluation des risques professionnels et le plan d'action de prévention - Une aide pour le document unique et le plan d'action, DTE167, 2ème édition 40.
4. Gagnon, S. Into Inc. Montréal (personal communication).
5. INRS 2004, Conception des lieux de travail. Obligations des maîtres d'ouvrage. Réglementation» ED 773, 1996, 2004 updated version.
6. INRS 2000, Approche économique lors de la conception des lieux de travail (An economical approach for the design of workplace), Édition INRS ED 847.
7. INRS 2006, Conception des lieux de travail. Santé et sécurité : démarche, méthodes et connaissances techniques, Édition INRS ED 950.
8. National Occupational Health and Safety Commission – NOHSC 2003, Eliminating Hazards at the Design Stage (Safe Design) - Options to improve occupational health and safety. Outcomes in Australia, Australia December, 26. Im Internet verfügbar unter : <http://www.safeworkaustralia.gov.au/swa/HealthSafety/SafeDesign/Understanding/Benefitsofsafedesign-Whatsinitforme.htm>
9. Sabourin, G. 2000, Prévention des chutes de hauteur - Combiner le sécuritaire à l'agréable, Prévention au travail, Printemps 2000, 13, no 2, 38. Im Internet verfügbar unter : [http://www.csst.qc.ca/pdf/magazine/p00\\_13\\_2/11.pdf](http://www.csst.qc.ca/pdf/magazine/p00_13_2/11.pdf)



## Ganzheitliche Prozessplanung mit MTM – Chancen und Möglichkeiten

Bernd BRITZKE<sup>1</sup> und Holger NADUSCHEWSKI<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Deutsche MTM-Vereinigung e.V., MTM-Institut,  
Eichenallee 11, D-15738 Zeuthen*

<sup>2</sup> *Volkswagen Sachsen GmbH,  
Glauchauer Straße 40, D-08058 Zwickau*

**Kurzfassung:** Eine ganzheitliche Prozessplanung fußt auf Prozesstransparenz und Nachhaltigkeit. Um dies zu erreichen ist es erforderlich, die Arbeitsabläufe standardisiert mit einer Prozesssprache zu beschreiben. Grundlage der Prozesssprache sind Prozessbausteine, in denen Ablauf und Normzeit für den Ablauf fest miteinander verbunden sind. Sämtliche Prozessveränderungen (neue und veränderte Produkte und Verfahren etc.) sind mit Hilfe der Prozesssprache schnell und einfach abbildbar, einschließlich der Konsequenzen für Personalbedarf und ergonomische Gestaltung.

**Schlüsselwörter:** Arbeitsgestaltung, Ergonomie, Produktivität, Industrial Engineering, MTM.

### 1. MTM – ein neuer Weg der Arbeitsgestaltung

In den ersten Jahren der MTM-Anwendung stand durchaus die Zeitbestimmung im Focus. Zunehmend stellte sich aber heraus, dass MTM hervorragend dafür geeignet ist, Arbeitsabläufe, die noch nicht existieren, zu planen. Die elementare Betrachtung der einzelnen Bewegungen zwingt den Planer dazu, Optimierung an den ursächlichen Bedingungen des Zeitverbrauchs (bzw. zur Beseitigung von Verschwendung) zu betreiben. Das sind vor allem

- Wege (Fertigungs- und Arbeitsplatzlayout),
- Körperbewegungen (vor allem Bücken),
- Gestaltungsmängel an Fügestellen (Produktgestaltung),
- Gestaltungsmängel an Greifstellen (Logistik Gestaltung),
- Mängel im harmonischem Bewegungsablauf (Arbeitsplatzergonomie),
- suboptimale Werkzeuge und Vorrichtungen,
- fehlende Festpunkte im Arbeitsablauf z.B. Ablagen (Voraussetzung für produktive Routinebildung),
- definierte Prüfbedingungen und Prüfpunkte und
- Vermeidung gleichförmiger Bewegungen (Produkt- und Vorrichtungsgestaltung).

Die Symbolik von MTM und die Art der (chronologischen) Ablaufdarstellung führen dem ausgebildeten Experten Defizite vor Augen (vgl. Abbildung 1). Beispielsweise wird mit MTM sichtbar, dass der Aufwand für das Hinlangen zu gemischt liegenden Teilen über 50 cm mehr als doppelt so hoch ist, wie das Hinlangen zu einem vereinzelt, immer von der gleichen Stelle zu nehmenden Teils. Um dieses Potenzial zu erschließen, müssen planerisch die Voraussetzungen geschaffen werden, d.h. die zu entnehmenden Teile müssen z.B. magaziniert und griffgünstig angeboten werden, damit der Planwert erreicht wird (vgl. Abbildung 2). Nach wie vor wird das Potenzial

der Feinplanung von Arbeitsabläufen unterschätzt. Sinnvoll und durchaus notwendig ist es, sich die dadurch entstehenden Verluste zu vergegenwärtigen.

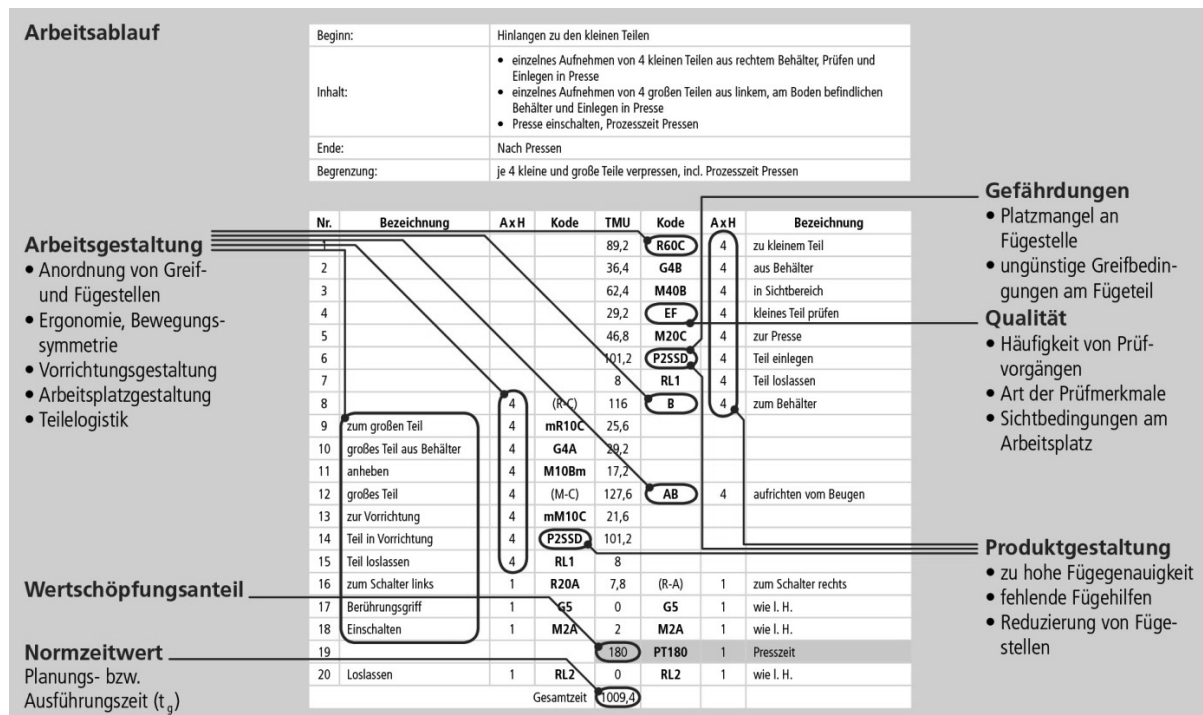


Abbildung 1: Informationsgehalt der MTM-Analyse

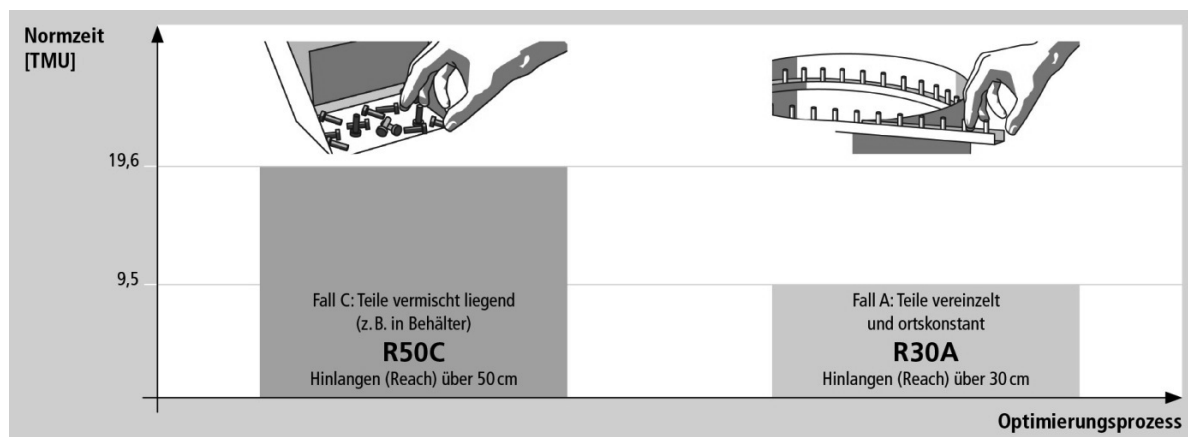


Abbildung 2: Potenzialerschließung durch Betrachtung von Gestaltungsdetails (Optimierung durch: Gestaltung der Greifbedingungen - Teile vereinzeln und Teile am selben Ort bereit stellen - sowie Gestaltung des Arbeitsplatzlayouts)

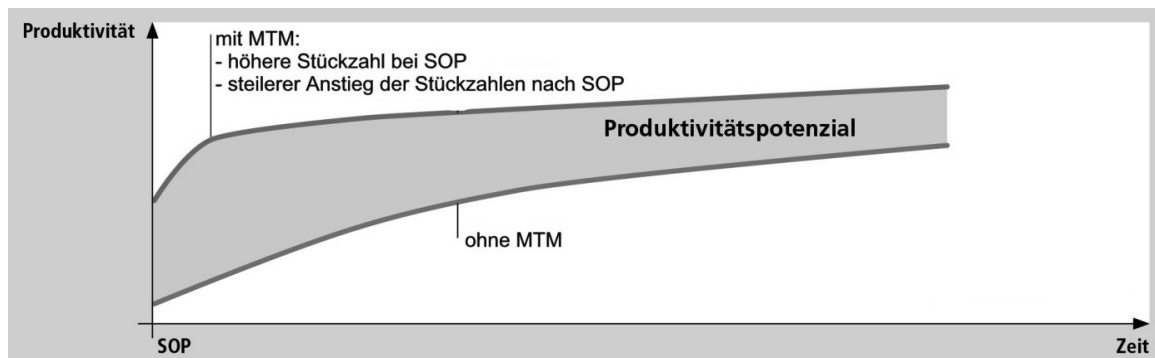
## 2. Prozessgestaltung mit MTM

Verallgemeinerbar ist das Vorgehen, welches einer Prozessgestaltung mit MTM zugrunde liegt. Nicht eine sukzessive Prozessverbesserung wird angestrebt, sondern ein optimierter Soll-Zustand. Die MTM gestützte Vorgehensweise führt gegenüber traditionellen Planungen zu markanten Vorteilen (vgl. Abbildung 3).

- Die Anfangsproduktivität bei Produktionsstart ist aufgrund der Feingestaltung des Arbeitssystems erheblich höher.
- Die Einlaufphase des Systems wird reduziert; die geplante Systemleistung wird

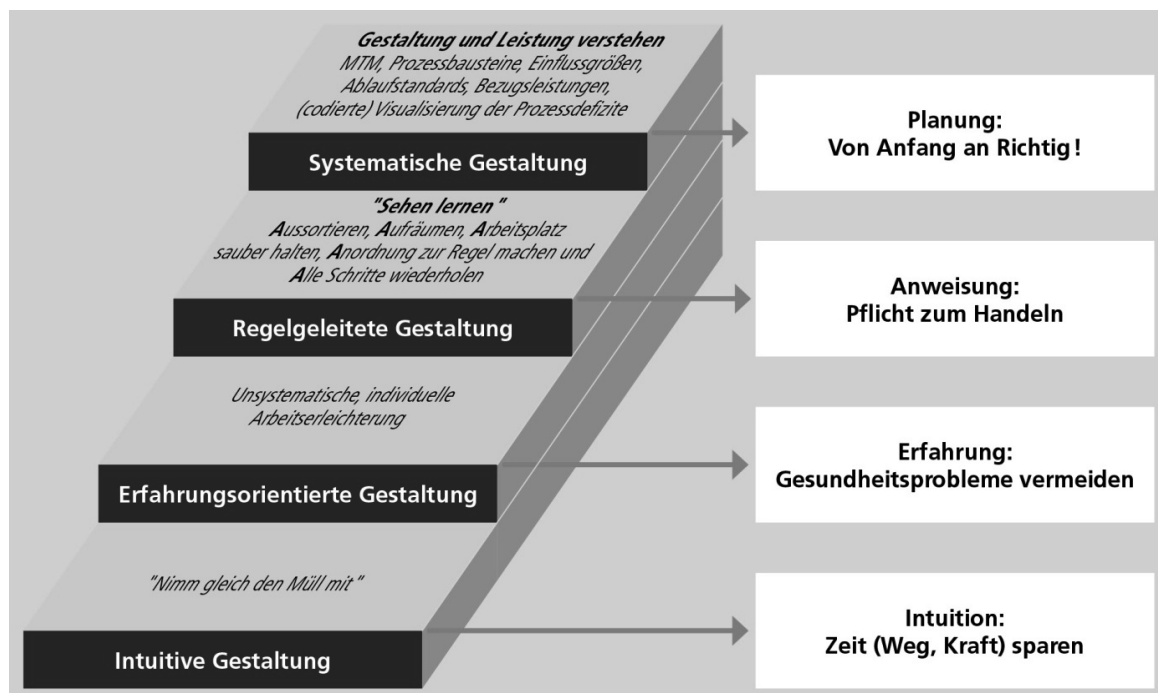
früher erreicht.

- Besonders bei häufigeren Produktanläufen stehen die neuen Produkte dem Markt in wesentlich höherer Zahl zur Verfügung.
- Perfekionierte Arbeitssystemgestaltung führt von Anfang an dazu, Fehlerquellen zu reduzieren.
- Die Mitarbeiter erreichen früher produktive Arbeitsroutinen. Die Belastung sinkt.
- Der Aufwand für die kontinuierliche Verbesserung (KVP) kann entweder zurückgefahren werden bzw. setzen KVP-Maßnahmen auf einem höheren Produktivitätsniveau auf und sind damit wesentlich wirksamer.



**Abbildung 3:** Vorteile von MTM; schnelleres Erreichen der Zielproduktivität und geringeres Korrekturpotenzial für Prozessverbesserungen

Prinzipiell führt die Prozessplanung und Prozessgestaltung mit MTM zu einer neuen Gestaltungsqualität. Deutlich wird das, wenn die verschiedenen Niveaustufen der Gestaltung in Form einer Gestaltungstreppe visualisiert werden (vgl. Abbildung 4).



**Abbildung 4:** Gestaltungstreppe

### **3. Literatur**

1. Britzke, B. & Finsterbusch, T 2009, MTM – Basismethode für das Industrial Engineering, angewandte Arbeitswissenschaft, 202, 19-35.



# Anforderungen an das Industrial Engineering (IE) in Deutschland – Renaissance oder Neudefinition?

Johannes BROMBACH<sup>1</sup>, Michael SAUTER<sup>2</sup> und Sascha STOWASSER<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Institut für angewandte Arbeitswissenschaft e.V. – IfaA,  
Uerdinger Straße 56, D-40474 Düsseldorf*

<sup>2</sup> *Bosch Rexroth AG, Maria-Theresien-Str. 23, D-97816 Lohr am Main*

**Zusammenfassung:** Industrial Engineering bietet heutzutage nicht nur Methoden der Zeitwirtschaft sondern umfassende Instrumente zur Prozessplanung, die bereits in frühen Phasen der Produktentwicklung eingesetzt werden können. Im Beitrag wird der systematische und prozessorientierte Methodeneinsatz entlang des Produktentstehungsprozesses anhand des Beispiels von Prozesskoordinatoren aufgezeigt und diskutiert.

**Schlüsselwörter:** Industrial Engineering, Produktentstehungsprozess, Prozesskoordinatoren, Prozessorientierung.

## 1. Einleitung

Wie ein Arbeitskreis des Institutes für angewandte Arbeitswissenschaft unter Beteiligung leitender Führungskräfte des Industrial Engineerings der deutschen Wirtschaft zeigt, gewinnen arbeits- bzw. zeitwirtschaftliche Themen wieder an Bedeutung. Marktführende Unternehmen haben das Industrial Engineering - im Sinne einer Neudefinition - darüber hinaus aber zu einem übergeordneten Ansatz entwickelt (vgl. Stowasser 2009).

## 2. Optimierung der Abläufe durch konsequente Prozessorientierung

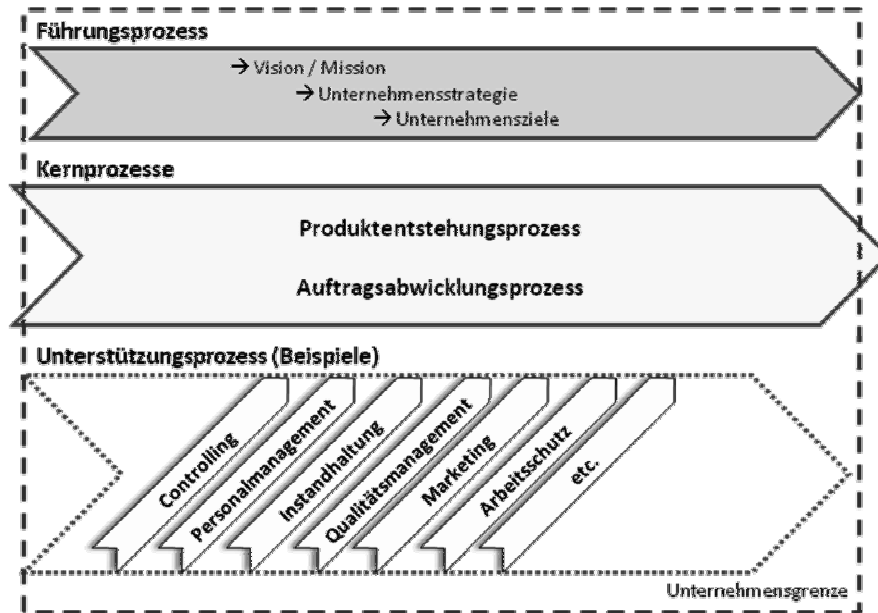
Zur Beschreibung der Struktur von Unternehmensprozessen wird in der Literatur zwischen Führungs-, Kern- und Unterstützungsprozessen unterschieden (vgl. z.B. Binner & Lehr 2002). Die Darstellungsformen der Unternehmensprozesse variieren zwar. Der gemeinsame Grundgedanke vieler Modelle ist aber der eines Wandels des früheren „Kästchen-Denkens“ zu einer „ganzheitlichen Betrachtung“ der Unternehmensprozesse (Schultetus 2004).

Abbildung 1 zeigt eine Darstellung in der zwischen dem Führungs- und Unterstützungsprozess zwei Kernprozesse unterschieden werden. Es handelt sich um den Produktentstehungsprozess und den Auftragsabwicklungsprozess.

Der Führungsprozess definiert und reguliert die Kernprozesse und umfasst die Entwicklung weitreichender Zukunftsperspektiven für das Unternehmen, bis hin zur Überprüfung der dazu notwendigen Unternehmensziele im Zuge der Zielentfaltung. Dazu werden die Unternehmensziele systematisch abgeleitet, umgesetzt und verfolgt.

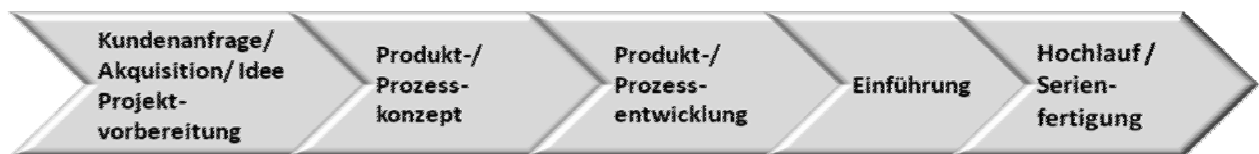
Der Produktentstehungsprozess (nachfolgend als PEP bezeichnet) beinhaltet alle Schritte, die zur Planung, Entwicklung und Entstehung des Produktes nötig sind. Alle zur Realisierung kundenspezifischer Aufträge notwendigen Aufgaben werden in spe-

ziellen Auftragsabwicklungsprozessen (nachfolgend als AAP bezeichnet) gebündelt. Der PEP betont damit die technische Komponente, während im AAP stärker die material- und informationslogistische Seite der Wertschöpfung herausgearbeitet wird. Die Kernprozesse werden von Unterstützungsprozessen flankiert, die an den Stellen herangezogen werden, an denen sie die Wertschöpfungskette unterstützen können.



**Abbildung 1:** Führungs-, Kern- und Unterstützungsprozesse

Die ganzheitliche Gestaltung und Optimierung von Erzeugnissen und Wertschöpfungsketten unter Berücksichtigung der Prinzipien einer schlanken Produktion stellt die eigentliche Herausforderung für ein modernes Industrial Engineering dar. Die Methoden und Tools des Industrial Engineering im Spannungsfeld von Kosten, Liefertreue und Qualität können den Phasen des PEP (vgl. Abbildung 2) direkt zugeordnet werden (vgl. Stowasser 2008, S. 209). Vergleichbare Darstellungen lassen sich für die jeweiligen Phasen im AAP entwickeln, nachfolgend wird jedoch ausschließlich der PEP betrachtet.



**Abbildung 2:** Phasen des Produktentstehungsprozesses

Um den PEP strukturiert anzugehen und hierbei Kosten, Termine, technische Anforderungen, Vorgaben und Qualität einzuhalten, ist ein standardisiertes Projektmanagement erforderlich. Dazu werden Projekthilfsmittel und Workshops innerhalb einer straffen Projektorganisation in den verschiedenen Phasen der Produktentstehung eingesetzt. In der Praxis wird hierzu ein unternehmensspezifisches Vorgehen etwa mit der Definition und dem Durchlaufen von Meilensteinen und Freigabestufen (Quality Gates) hinterlegt.

Während die Zielsetzung einer derartigen organisatorischen Ausrichtung des Unternehmens in der Regel bekannt und die Vorteilhaftigkeit weitgehend unstrittig sein dürfte, ist die Umsetzung in der Organisation in der Praxis häufig schwierig. Nachfol-

gend soll aufbauend auf dem oben beschriebenen Unternehmensprozessen eine Möglichkeit der organisatorischen Etablierung der Prozessorientierung beschrieben werden.

### 3. Die Rolle von Prozesskoordinatoren als Ergebnis einer Prozessorientierung

Bei der Entwicklung eines Produktes (in einem Projekt) muss der gesamte Prozess der Produktentstehung betrachtet werden (vgl. Sauter et al. 1998). Im Bezug auf die Art und Komplexität von Projekten und deren Neuheitsgrad wird in der Industrie zwischen Projekten zur Erstellung einer Technologie-„Plattform“, einer -„Applikation“ oder einer -„Variante“ unterschieden. Auf der Grundlage der Unternehmensstrategie für das neue Produkt (z. B. eine angestrebte „Technologie-“ oder „Kostenführerschaft“) werden dann die jeweiligen Ziele aufeinander abgestimmt und festgelegt. Bei wichtigen, insbesondere werksübergreifenden Projekten (z. B. der Entwicklung einer neuen „Plattform“), deren gelungene Abwicklung den wirtschaftlichen Erfolg eines Unternehmensbereiches beeinflussen kann, hat es sich bei einem großen deutschen Maschinenbauunternehmen als sinnvoll erwiesen, Prozesskoordinatoren einzusetzen. Ihre Aufgabe besteht in der methodischen Unterstützung des Projektteams innerhalb des PEP. Die eigens dafür ausgebildeten Prozesskoordinatoren ersetzen dabei nicht den klassischen Projektleiter, der die Verantwortung für das Projekt und die Innovation trägt. Vielmehr unterstützen sie das Projektteam mit geeigneten Methoden, um den Produktentstehungsprozess transparent zu machen. Neben einer hohen Methodenkompetenz im Sinne des Industrial Engineerings und des Projektmanagements zeichnen sich die Prozesskoordinatoren durch ihr fertigungstechnisches „Know How“ aus. Im Team von Mitarbeitern wird dabei über die einzelnen Funktionsbereiche (z. B. Vertrieb, Entwicklung und Produktion) hinweg zunächst in einem Prämissen-Workshop analysiert und später sichergestellt, was mit dem neuen Produkt tatsächlich erreicht werden soll und wie dadurch die Unternehmensziele umgesetzt werden können.

Abbildung 2 zeigt die Phasen des zu durchlaufenden Produktentstehungsprozesses. So wird beispielsweise im Zuge der Produkt- und Prozesskonzeption ein mehrstufiges Design for Manufacture and Assembly (DFMA) angestoßen, um das Entwicklungsdesign und mögliche Alternativen hinsichtlich ihrer Eignung für die Montage und Produktion frühzeitig technologisch und monetär zu bewerten. Weiterhin werden Methoden zur Investitions- und Betriebsmittelplanung verwendet und es werden die ergonomischen Gesichtspunkte des Produktes und seiner Herstellung beleuchtet, um standardisierte Arbeitsprozesse zu realisieren.

Im Zuge der Produkt-/ Prozessentwicklung werden dann beispielsweise Methoden zur Layout- und Materialflussplanung angewandt und für die angedachte Fertigungstechnologie und den dafür notwendigen Maschinenpark am geplanten Standort ein entsprechendes Schnellrüstkonzept entwickelt. Mit der Einführung und vor dem Serienhochlauf, d. h. dem Start of Production (SOP) beginnt dann bereits der kontinuierliche Verbesserungsprozess.

Die Prozesskoordinatoren können auf eine im Laufe der Zeit ständig weiterentwickelte und den jeweiligen Bedingungen angepasste Methodensammlung zurückgreifen, die in diesem Beitrag nicht in Gänze aufgeführt werden kann. Je nach der Zielsetzung in der Projektphase werden geeignete Methoden problembezogen ausgewählt und angewandt, um die tatsächlich auftretenden Schwierigkeiten transparent zu machen und zu überwinden.

#### 4. Diskussion

Die Anforderungen, die eine Prozessorientierung an ein modernes Industrial Engineering stellt, lassen sich in der Frage zusammenfassen, wer im Unternehmen für den gesamten Prozess verantwortlich sein kann. Prozesskoordinatoren in dem beschriebenen Beispiel moderieren durch den PEP, d. h. sie bringen die richtigen Mitarbeiter zusammen und schulen bzw. unterstützen sie als Methodenverantwortliche für den Prozess in fachlicher Hinsicht. Wann ein Prozesskoordinator eingesetzt werden sollte, hängt in hohem Maße von der Situation des Unternehmens und der Bedeutung und Komplexität des Projektes ab. Wie dargelegt, werden die Prozesskoordinatoren nur für übergeordnete „Plattform“-Projekte eingesetzt, die ein Durchlaufen aller Projektphasen erfordern. Bei Produkten die eine „Variante“ zu einem bestehenden Produkt darstellen werden die Methoden bedarfsgerecht eingesetzt und nicht unbedingt alle Phasen im PEP durchlaufen.

Am Beispiel der Prozesskoordinatoren wird zweierlei deutlich. Zum einen entsteht durch die Prozessorientierung ein Verständnis für Auftrag und Zielsetzung eines modernen Industrial Engineerings und den mit den jeweiligen Aufgaben betrauten Mitarbeitern, das deutlich über die klassische Arbeits- und Zeitwirtschaft hinausgeht. Zum Anderen zeigt das Beispiel, dass es unter den genannten Voraussetzungen hilfreich sein kann, einen Unterstützungsprozess (vgl. Abbildung 1) zu initiieren, um den Fokus eines Teams auf die Betrachtung des gesamten Prozesses zu legen und so die möglicherweise eingeschränkte Sicht der Sparten- oder Funktionsverantwortlichen zu erweitern. Vom Grundsatz lässt sich die Vorgehensweise sowohl auf kleine Unternehmen und andere Strukturen als auch auf die Zusammenarbeit zwischen Unternehmen (Kunden und Zulieferer) beziehen. Während bei klassischen Themen der Zeitwirtschaft, wie z. B. die Überprüfung und Aktualisierung von Arbeitsplänen und Kalkulationsdaten, die auch bei modernen Unternehmen mittel- und langfristig unerlässlich sind, durchaus von einer „Renaissance der Zeitwirtschaft“ gesprochen werden kann, sollte im Zuge eines weitergefassten Verständnisses für das Industrial Engineering die „Neudefinition“ der Disziplin vor dem Hintergrund der Erfahrungen deutscher Unternehmen weiter vorangetrieben werden.

#### 5. Literatur

1. Binner, H.F. & Lehr, R. 2002, Integrierte Anwendung der Prinzipien und Methoden eines Produktionssystems auf der Grundlage eines Prozessmodells für den Fahrzeugbau, REFANachrichten, 1/2002, 10-16.
2. Sauter, M., Enkawa, T. & Adachi, T. 1998, Concept for multidevelopment project and team organization of product and process generations, Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries, 8, 331-349.
3. Schultetus, W. 2004, Praxisrelevanz arbeitswissenschaftlicher Erkenntnisse – Anforderungen an die Unternehmen und wirtschaftlicher Nutzen, Dissertation. Chemnitz: Technische Universität Chemnitz.
4. Stowasser, S. 2009, Produktivität und Industrial Engineering. In: K. Landau. (Hrsg.), Produktivität im Betrieb. Stuttgart: Ergonomia, S. 201-212.

## Integrating lockout/tagout with operational risks: the passive redundancy case

Behnam EMAMI-MEHREGANI, Sylvie NADEAU and Jean-Pierre KENNÉ

*Département of Mechanical Engineering, École de technologie supérieure,  
Montreal (Quebec) H3C 1K3, Canada*

**Abstract:** In this paper, we consider a production control and occupational safety problem for a failure prone manufacturing system consisting of two machines (non-identical) in passive redundancy case. Machines are subject to failures and repairs and can produce one type of part. Therefore we are concerned by the impact of production control including lockout/tagout on production cost, preventive and corrective maintenance cost in a flexible manufacturing system (FMS) environment. In this research, the bloc replacement policy is considered as the main preventive maintenance strategy policy. The aim of this study is to demonstrate the optimal production cost, backlog, inventory and maintenance cost over an infinite planning horizon and the impact on occupational risk level when one offers an efficient planning of lockout/tagout in production control.

**Keywords:** Flexible manufacturing systems, Production cost, Passive redundancy, Lockout/tagout.

### 1. Introduction

How can one find an appropriate solution to optimize production while guaranteeing the safety of workers? One possible answer is lockout/tagout. It consists in locking a machine with a padlock, then to discharge all sources of residual energy (potential, hydraulic, electrical, etc.) to avoid the premature starting of equipment throughout an intervention. In the current industrial situation, many managers think wrongfully that planning and realizing lockout/tagout takes a lot of time. This inactive time of production is considered reducing firms' performance. This manuscript demonstrates that it is possible to improve the performance of flexible manufacturing system (FMS) as for fabrication costs and occupational risk level by offering an efficient planning of lockout/tagout. This paper is organized as follows:

- Firstly, we verify the influence of lockout/tagout activities and time to repair the failure of a machine in a flexible manufacturing system (FMS) environment. In this research, it is assumed that the machine produces one type of part.
- Secondly, we integrate the lockout/tagout in production control. We consider lockout/tagout for a system in passive redundancy which consists of two (2) machines (identical and non-identical). Afterwards, we propose, by using numerical methods, a production policy for a system constituted of two (2) machines in passive redundancy.
- Finally, we make a comparison between the results in this paper and the results of Charlot et al. (2006).

To reach our targets, we follow these steps:

- Develop an analytical model of lockout/tagout to be integrated into a flexible manufacturing system (FMS) control;



- Use the model of Markov chain (homogeneous and non-homogeneous) by incorporating different parameters, so the model will be as realistic as possible;
- Demonstrate the complexity of flexible manufacturing system (FMS) by increasing the number of machines along with number of products;
- Present the resolution of a complex flexible manufacturing system (FMS) by the resolution of HJB (Hamilton-Jacoby-bellman) differential equations and numerical approach;
- Take the subsequent conclusions.

## 2. Assumptions

In this paper, we use assumptions as followed:

For one machine producing one type of part:

- The costs of repairing (corrective maintenance) is more than preventive maintenance costs (fundamental assumption of manufacturing systems).
- The mean preventive maintenance time is shorter than the mean corrective maintenance time (repairing).
- The machine, after each repairing (corrective maintenance) and preventive maintenance becomes new, which means we consider the policy of as good as new (AGAN).
- Throughout this paper, we consider repairing (corrective maintenance) and preventive maintenance action with lockout/tagout. For a system in passive redundancy (two machines non-identical) producing one type of part, we consider previous assumptions and we add other assumptions as follows:
- Machine N1 is the main machine, machine N2 is a standby machine.
- The main machine, after each repairing (corrective maintenance) or preventive maintenance returns to production immediately and the standby machine turns back at rest.
- Both machines do not fall down at the same time.
- We don't send both machines for preventive maintenance simultaneously (the firm policy).
- The standby machine can be broken down through rest. (Exogenous Factors).

### 2.1. One machine producing one part type of a flexible manufacturing system (FMS)

For one machine producing one part type we refer to Charlot's et al. (2006) studies. In this paper we present only the homogeneous Markov chain model and a manufacturing system consisting of two (2) machines (non-identical) in passive redundancy.

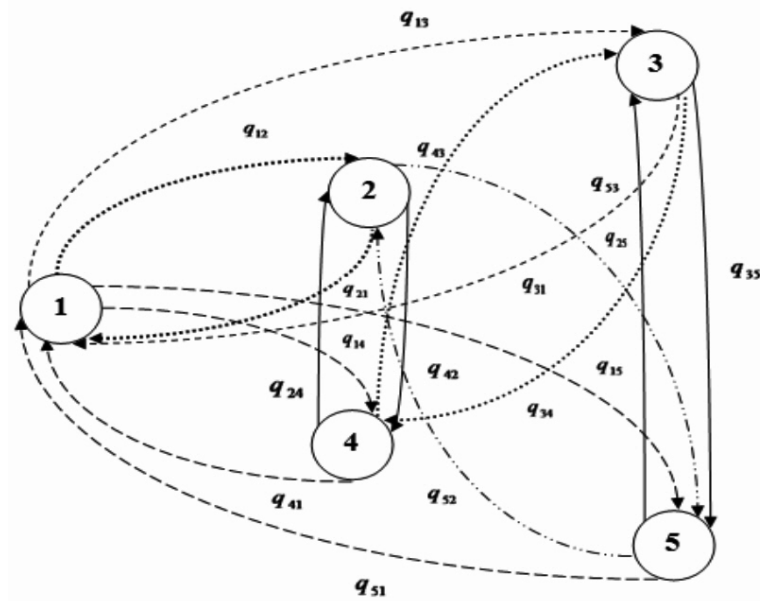
### 2.2. Two machines (non-identical) in passive redundancy producing one part type in the flexible manufacturing system (FMS)

In this case, the dynamics of the system are the same as one machine producing one part type, that is, discrete elements  $\zeta(t)$  and continuous elements  $x(t)$ . The discrete elements  $\zeta(t)$  represents the machine's state and continuous elements  $x(t)$  represent the stock level. Hence, we have  $\zeta(t) \in M = \{1, 2, 3, 4, 5\}$ . A positive value of  $x(t)$  is inventory. A negative value is backlog. It is assumed that the system meets a



constant demand rate. In this part, two machines with different production rates were considered as well as different failure rates. ( $\lambda_1 \neq \lambda_2$  &  $U_{\max}^1 \neq U_{\max}^2$ )

Therefore, the transition diagram obtained (Figure 1) is as followed:



**Figure 1:** State transition diagram (Two machines (non-identical) in passive redundancy producing one part type)

The transition modes of figure 1 are depicted in table 1.

**Table1:** Transition modes for figure 1

$\zeta$	1	2	3	4	5
$\zeta_1$		2	3	4	5
$\zeta_2$	1			4	5
$\zeta_3$	1			4	5
$\zeta_4$	1	2	3		
$\zeta_5$	1	2	3		

In this paper, the machine can break down randomly. The machine is sent in preventive maintenance after a certain time, which means, the bloc replacement policy is considered in this paper as the main preventive maintenance strategy policy (see Block et al. (1990) for details).

The 5 X 5 transition matrix  $Q$  of our system is as followed:

$$Q = \begin{bmatrix} q_{11} & q_{12} & q_{13} & q_{14} & k_{15} \\ q_{21} & q_{22} & 0 & q_{24} & q_{25} \\ q_{31} & 0 & q_{33} & q_{34} & q_{35} \\ k_{41} & q_{42} & q_{43} & q_{44} & 0 \\ k_{51} & q_{52} & q_{53} & 0 & q_{55} \end{bmatrix} \quad (1)$$

Hence, the transition matrix  $Q$  depends on:

$k_{15}$  : Lockout/tagout rate for preventive maintenance of main machine;

$k_{41}$  : Corrective maintenance rate with lockout/tagout of main machine;

$k_{51}$  : Preventive maintenance rate with lockout/tagout of main machine;

Where  $k_{15} = q_{15}$ ,  $k_{41} = q_{41}$  and  $k_{51} = q_{51}$ .

Hence, we have  $\Pi(.) = (\pi_1, \pi_2, \pi_3, \pi_4, \pi_5)$  as representing the vector of limiting probabilities from modes 1 to 5.

Submitted to the following:

$$q_{\alpha\beta}(k_{15}, k_{41}, k_{51}) \geq 0 \quad (\alpha \neq \beta), \quad (2)$$

$$q_{\alpha\alpha}(k_{15}, k_{41}, k_{51}) = - \sum_{\alpha \neq \beta} q_{\alpha\beta}(k_{52}, k_{41}, k_{51}), \quad (\alpha, \beta) \in M \quad (3)$$

The set of acceptable decisions at mode  $\alpha(t)$  are defined by:

$$\Gamma(\alpha) = \left\{ (u_1(.), u_2(.), k_{52}(.), k_{41}(.), k_{51}(.)) \in R^5, \right. \\ \left. 0 \leq u_1(.) \leq u_1^{\max}, \quad 0 \leq u_2(.) \leq u_2^{\max}, \quad k_{52}^{\min} \leq k_{52} \leq k_{52}^{\max}, \right. \\ \left. k_{41}^{\min} \leq k_{41} \leq k_{41}^{\max}, \quad k_{51}^{\min} \leq k_{51} \leq k_{51}^{\max} \right\} \quad (4)$$

The control policies (control variables) at mode  $\alpha(t)$  are  $u_1(.)$ ,  $u_2(.)$ ,  $k_{52}(.)$ ,  $k_{41}(.)$  and  $k_{51}(.)$ .

The function cost is as followed:

$$J(\alpha, x, u_1, u_2) = E \left\{ \int_0^\infty e^{-\rho t} g(x, u_1, u_2, k_{52}, k_{41}, k_{51}) dt \mid x(0) = x, \xi(0) = \alpha \right\}, \\ \forall u_1(.) \& u_2(.) \in \Gamma(\alpha), \quad (5)$$

Hence, we have  $\Pi(.) = (\pi_1, \pi_2, \pi_3, \pi_4, \pi_5)$  as representing the vector of limiting probabilities from modes 1 to 5.

The subject of equations (1)-(5) is minimizing  $J(.)$  given by equations (5) as followed:

$$v(x, \alpha) = \inf_{u \in \Gamma(\alpha)} J(x, \alpha, u), \quad \forall \alpha \in M \quad (6)$$

The main aim of this paper is to optimize the production cost, maintenance cost as well as lockout/tagout cost. This policy is satisfied by the set of Hamilton-Jacobi-Bellman (HJB) equations which are shown in Kenné et al. (2003), Charlot et al. (2006). We write the HJB equation as followed:

$$\rho v(x, \alpha) = \min_{u \in \Gamma(\alpha)} \left\{ (u-d) \frac{\partial}{\partial x} v(x, \alpha) + g(x, u, \alpha) + \sum_{\alpha \neq \beta} q_{\alpha\beta} v(x, \beta) \right\}, \quad \forall \alpha, \beta \in M \quad (7)$$

The optimal control policy  $(u_1^*, u_2^*, k_{52}^*, k_{41}^*, k_{51}^*)$  denotes the minimizer over  $\Gamma(\alpha)$  of the right hand side of equations (5).

### 3. Numerical approach

In this section, we expand the numerical method for solving the optimality conditions presented in the previous section. This method is based on the Kushner approach (Kushner and Dupuis -1992), Boukas and Haurie (1990), Kenne et al. (2003).

In this paper, we used Kushner's approach for an approximation scheme of the gradient of value function  $v(x, \alpha)$ . Let  $h$  denote the length of the finite difference interval of the variable  $x$ . Hence, using  $h$ ,  $v(x, \alpha)$  is approximated by  $v^h(x, \alpha)$  and  $v_x(x, \alpha)$  as followed:

$$v_x(x, \alpha)^*(u - d) = \begin{cases} \frac{1}{h} (v^h(x + h, \alpha) - v^h(x, \alpha))^*(u - d) & \text{si } (u - d) \geq 0 \\ \frac{1}{h} (v^h(x, \alpha) - v^h(x - h, \alpha))^*(u - d) & \text{otherwise} \end{cases} \quad (8)$$

After approximation given by equation (8) and some manipulations, the HJB equations (7) can be rewritten as:

$$v^h(x, \alpha) = \min_{u \in \Gamma^h(\alpha)} \left\{ \left( \rho_1^+ |q_{\alpha\alpha}| + \sum_{j=1}^n \frac{|u_j - d_j|}{h_j} \right)^{-1} \cdot \left[ \sum_{j=1}^n \frac{|u_j - d_j|}{h_j} (v^h(x + h, \alpha) K^+ + v^h(x - h, \alpha) K^-) + g(x, u, \alpha) + Q v^h(x_1, \dots, x_n, \alpha) \right] \right\} \quad (9)$$

Where  $\Gamma(\alpha)$  is the discrete feasible control space or the so-called control grid and the other term used in equation (7) is defined as:

$$K^+ = \begin{cases} 1 & \text{if } (u - d) \geq 0 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$K^- = \begin{cases} 1 & \text{if } (u - d) < 0 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

The system of equation's (9) can be interpreted as the infinite horizon dynamic programming equation of a discrete-time, discrete-state decision process as in Kenne et al. (2003), Charlot et al. (2006), for optimization of production and maintenance control problems. The next theorem shows that the value function  $v^h(x, \alpha)$  is an approximation of  $v(x, \alpha)$  for a small step size  $h$ .

### 4. Numerical example and sensitivity analysis

We consider a manufacturing system for two (2) machines (non-identical) in passive redundancy case with five (5) states, describing by the homogeneous Markove process  $\alpha \in M = [1, 2, 3, 4, 5]$ . The discrete dynamic programming equation (9) gives the equations (10)-(14) for two (2) machines (non-identical) in the passive redundancy case producing one type part:

$$\nu^h(x,1) = \min_{u \in \Gamma(1)} \left( \rho + \frac{|u_1 - d|}{h} + q_{12} + q_{13} + q_{14} + q_{15} \right)^{-1} \left\{ \frac{|u_1 - d|}{h} (\nu^h(x+h,1)k^+ + \nu^h(x-h,1)k^-) \right. \\ \left. + g(x,1) + q_{12}\nu^h(x,2) + q_{13}\nu^h(x,3) + q_{14}\nu^h(x,4) + q_{15}\nu^h(x,5) \right\} \quad (10)$$

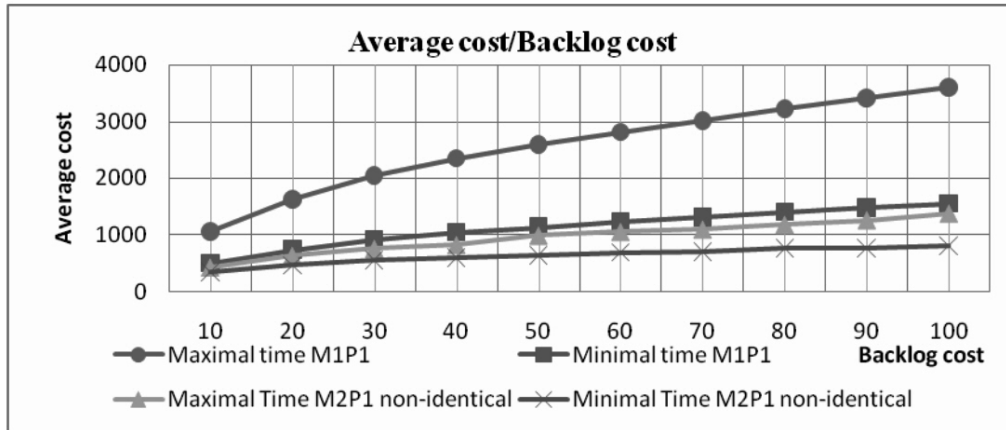
$$\nu^h(x,2) = \min_{u \in \Gamma(2)} \left( \rho + \frac{|u_1 - d|}{h} + q_{21} + q_{24} + q_{25} \right)^{-1} \left\{ \frac{|u_1 - d|}{h} (\nu^h(x+h,2)k^+ + \nu^h(x-h,2)k^-) \right. \\ \left. + g(x,2) + q_{21}\nu^h(x,1) + q_{24}\nu^h(x,4) + q_{25}\nu^h(x,5) \right\} \quad (11)$$

$$\nu^h(x,3) = \min_{u \in \Gamma(3)} \left( \rho + \frac{|u_1 - d|}{h} + q_{31} + q_{34} + q_{35} \right)^{-1} \left\{ \frac{|u_1 - d|}{h} (\nu^h(x+h,3)k^+ + \nu^h(x-h,3)k^-) \right. \\ \left. + g(x,3) + q_{31}\nu^h(x,1) + q_{34}\nu^h(x,4) + q_{35}\nu^h(x,5) \right\} \quad (12)$$

$$\nu^h(x,4) = \min_{u \in \Gamma(4)} \left( \rho + \frac{|u_2 - d|}{h} + q_{41} + q_{42} + q_{43} \right)^{-1} \left\{ \frac{|u_2 - d|}{h} (\nu^h(x+h,4)k^+ + \nu^h(x-h,4)k^-) \right. \\ \left. + g(x,4) + q_{41}\nu^h(x,1) + q_{42}\nu^h(x,2) + q_{43}\nu^h(x,3) \right\} \quad (13)$$

$$\nu^h(x,5) = \min_{u \in \Gamma(5)} \left( \rho + \frac{|u_2 - d|}{h} + q_{51} + q_{52} + q_{53} \right)^{-1} \left\{ \frac{|u_2 - d|}{h} (\nu^h(x+h,5)k^+ + \nu^h(x-h,5)k^-) \right. \\ \left. + g(x,5) + q_{51}\nu^h(x,1) + q_{52}\nu^h(x,2) + q_{53}\nu^h(x,3) \right\} \quad (14)$$

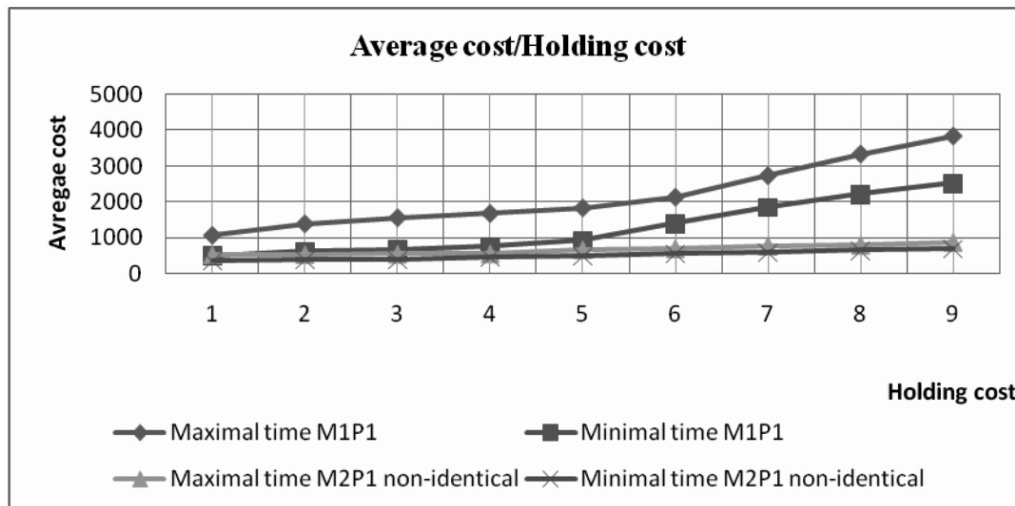
Here, we present results which were obtained through the different figures.



**Figure 2:** Average cost variation according to the backlog cost for one machine and two machines non-identical in passive redundancy case producing one part type

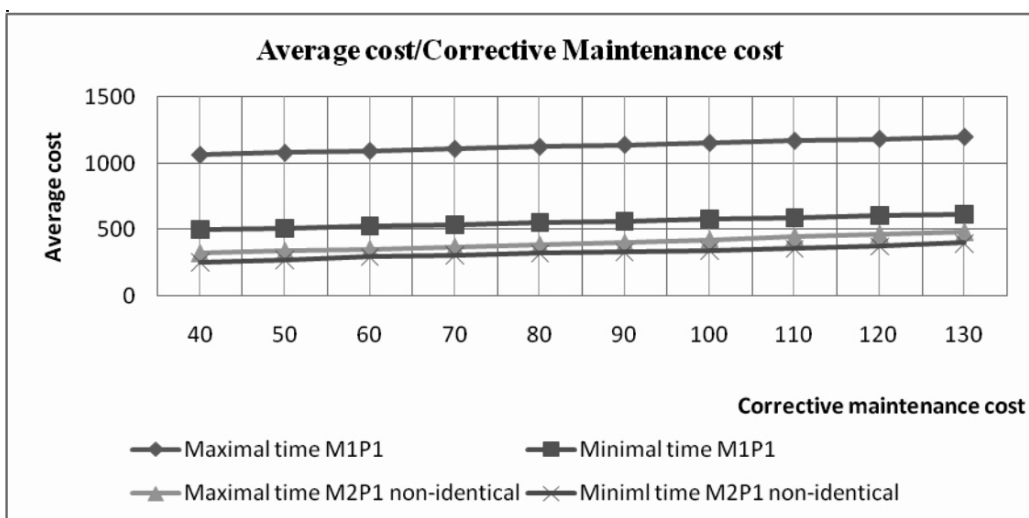
In figures 2, we plotted the average cost variation according to the backlog cost for one machine and two (2) machines non-identical in passive redundancy case producing one part type. In this figure the lockout/tagout, corrective maintenance and preventive maintenance rate are set to minimum and maximum values. Firstly, we note

that the backlog cost variations don't affect much the average cost if we increase the lockout/tagout, corrective maintenance and preventive maintenance rate. Secondly, we observe, if we add the standby machine to our system, we can reduce increasingly this average cost variation. As one can observe from figure1, we are able to better control this variation with the maximal lockout/tagout, corrective maintenance and preventive maintenance rate.



**Figure 3:** Holding cost increase according to the average cost

In figures 3, we want to verify the influence of holding cost increase according to the average cost. Therefore as shows in the above figure, we can better control this evolution in passive redundancy case where the rates of lockout/tagout, corrective and preventive maintenance are set to their maximum values.



**Figure 4:** Corrective maintenance cost for the two cases und study

In figure 4, we plotted corrective maintenance cost for the two (2) cases under study. We do not have a significant variation of the average cost by increasing the corrective maintenance cost, but we observe that the average cost is much lower in the passive redundancy case compared to the other cases where the rates of lockout/tagout, corrective and preventive maintenance are set to their maximum values. we can argue as noticed in the preceding analysis (figure 3), by increasing the

preventive maintenance cost, we observe that the average cost of passive redundancy case is much lower than the other cases where the rates of lockout/tagout, corrective and preventive maintenance are set to their maximum values.

## 5. Conclusion

In this paper we verified the influence of lockout/tagout, corrective and preventive maintenance rate for a passive redundancy case consisting of two (2) non-identical machines producing one part type. We observed that the passive redundancy case allows us to optimize in a better way the production cost and the maintenance cost while guaranteeing occupational safety. This optimization is most useful, if we introduce an effective planning of lockout/tagout and maintenance during the production control. In this paper, we considered the hedging point structure for the control policy of our systems. We developed an effective solution approach to determine the optimal production cost, corrective and preventive maintenance cost including the lockout/tagout control. The model proposed in this manuscript might be used for various industrial sectors. Further researches will verify the influence of lockout/tagout, corrective and preventive maintenance rate for a production line consisting of two (2) machines flowshop with internal buffers and one standby machine.

## 6. References

1. Boukas, E.K. & Haurie, A. 1990, Manufacturing Flow Control and Preventive Maintenance: A Stochastic Control Approach, *IEEE Transactions on Automatic Control*, 33, 1024-1031.
2. Charlot, E., Kenné, J.P. & Nadeau, S. 2006, Optimal Production, Maintenance and Lockout/tagout Control Policies in Manufacturing Systems, *International Journal of Production Economics*, 107, 435-450.
3. Gharbi, A. & Kenné, J.P. 2003, Optimal Production Control Problem in Stochastic Multiple-Product Multiple-Machine Manufacturing Systems, *IIE Transactions*, 35, 941-952.
4. Kushner, H.J. & Dupuis, P.G. 1992, *Numerical Methods for Stochastic Control Problems in Continuous Time*. New York: Springer.
5. Kenné, J.P., Boukas, E.K. & Gharbi, A. 2003, Control of Production and Corrective Maintenance Rates in a Multiple-Machine, Multiple-product Manufacturing System, *Mathematical and Computer Modelling* 38, 351-365.
6. W.Block, H.A., Langberg, N. & H.Savits, T. 1990, Maintenance Comparisons: Block Policies, *Journal of Applied Probability*, 27, 649-957.

## Acknowledgments

The work described in this paper was supported by the following funding agencies: RRSSTQ (Réseau de recherche en santé et en sécurité du travail du Québec), FRSQ (Fonds de la recherche en santé – Québec), FQRSC (Fonds québécois de la recherche sur la société et la culture), FQRNT (Fonds de recherche sur la nature et les technologies – Québec) and l'IRSST (Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail).



## Prozessmodellierungssprachen für kleine und mittlere Unternehmen

Alexander NIELEN, Tim JESKE, Katrin ARNING und Christopher M. SCHLICK

*Institut für Arbeitswissenschaft (IAW), RWTH Aachen University,  
Bergdriesch 27, D-52062 Aachen*

**Kurzfassung:** Die Einführung und Aufrechterhaltung eines effektiven und effizienten Prozessmanagements ist oftmals mit einem erheblichen finanziellen und personellen Aufwand verbunden. Aus diesem Grund können kleine und mittlere Unternehmen (KMU) dieses Instrument zur Sicherung und Verbesserung ihrer Wettbewerbsposition oftmals nicht oder nur unzureichend einsetzen. Daher benötigen KMU Unterstützung hinsichtlich der Auswahl einer geeigneten Modellierungssprache. Zu diesem Zweck hat das Institut für Arbeitswissenschaft der RWTH Aachen University KMU-spezifische Kriterien entwickelt, die die Ausdrucksmächtigkeit von Modellierungssprachen, die intuitive Verständlichkeit des Notationssystems und die Effizienz der Anwendbarkeit berücksichtigen. Diese aus einer arbeitswissenschaftlichen Perspektive heraus entwickelten Kriterien, ihre Anwendung sowie erste Ergebnisse werden in diesem Beitrag vorgestellt und in einer Übersicht zusammengefasst.

**Schlüsselwörter:** Prozessmanagement, Prozessmodellierung, KMU.

### 1. Einleitung

Kleine und mittlere Unternehmen (KMU) befinden sich in einem wirtschaftlichen Umfeld, das von einer steigenden Wettbewerbsdynamik und einem fortwährend starken Konkurrenzdruck geprägt ist (Gausemeier et al. 2009).

Um in dieser wirtschaftlichen Situation dauerhaft bestehen zu können, setzen sich viele Unternehmen mit der Erfassung, Analyse und Verbesserung ihrer Geschäftsprozesse auseinander (Becker & Kahn 2008). Dieses zusammenfassend als Prozessmanagement bezeichnete Vorgehen erfordert den Einsatz einer Modellierungssprache, mit deren Hilfe Geschäftsprozesse abgebildet und einer Analyse zugänglich gemacht werden können. Prozessmodellierung bezeichnet dann die Handlung eines Modellierers, der die Erstellung und Verwendung von Prozessmodellen beabsichtigt. In der Vergangenheit wurde eine Vielzahl von Sprachen zur Prozessmodellierung entwickelt, die für unterschiedliche Verwendungszwecke geeignet sind und durch unterschiedliche Softwaretools unterstützt werden. Eine aktuelle Studie von Fettke (2009) zeigt, dass allein in deutschen Unternehmen mehr als 90 verschiedene Modellierungssprachen verwendet werden. Daher kann aus Sicht der Unternehmen und in Anlehnung an Moody (2005) von einer tyranny of choice gesprochen werden, der Unternehmen bei der Auswahl einer Sprache zur Prozessmodellierung ausgesetzt sind. Die geschilderte Auswahlproblematik und ihre Folgen haben zu einer Zunahme der Komplexität des Prozesses der Prozessmodellierung geführt (Becker & Kahn 2008). Dies erschwert ein effektives Prozessmanagement, führt zu fehlerhaften Prozessmodellen (Mendling 2008) und mindert die Akzeptanz der Prozessmodellierung in den Unternehmen (Moody 2005). Zudem erfordert die Prozessmodellierung bisher

ein hohes Maß an fachspezifischem Erfahrungswissen. Während große Unternehmen für die Prozessmodellierung oftmals einzelne Experten bis hin zu ganzen Abteilungen bereitstellen, verfügen KMU meist weder über entsprechende personelle, noch finanzielle Kapazitäten.

Folglich besteht der Bedarf, KMU eine geeignete Methode zugänglich zu machen, um so den Unternehmen ein Hilfsmittel für die Erhaltung und Steigerung ihrer Wettbewerbsfähigkeit zu geben. Vor diesem Hintergrund wurde an der RWTH Aachen University das vom BMBF geförderte Forschungsprojekt „IMIP – Interdisziplinäre Methoden industrieller Prozessmodellierung“ initiiert (Förderkennzeichen: 01UA0808A). Im Rahmen des Projekts findet erstmalig ein interdisziplinärer Ansatz Anwendung, um eine bestehende Prozessmodellierungsmethode auszuwählen und sukzessive für den Einsatz in KMU zu verbessern. Um eine für die Anforderungen von KMU besonders geeignete Modellierungssprache zu identifizieren, wurde ein in Grob- und Feinauswahl unterteiltes zweistufiges Vorgehen entwickelt. Im Folgenden werden Methode und Ergebnis der Grobauswahl vorgestellt.

## 2. Methode

Im Rahmen der Grobauswahl von Modellierungssprachen wurden basierend auf einer Literaturrecherche sowie einer Expertenbefragung Kriterien entwickelt, die allgemeine und KMU-spezifische Anforderungen berücksichtigen. Die einzelnen Auswahlkriterien wurden zu drei Hauptkriterien aggregiert: (1) Die Ausdrucksmächtigkeit des Notationssystems für eine Modellierung von Produktions- und Entwicklungsprozessen berücksichtigt Modellierungsaspekte, die typischerweise im Betriebsablauf auftreten und durch das Notationssystem darstellbar sind. Das Notationssystem kann dabei ein dem Aspekt entsprechendes Element aufweisen oder den Sachverhalt durch Kombination anderer Elemente abbilden. (2) Die Verständlichkeit der Notationselemente sowie des gesamten Prozessmodells berücksichtigt perzeptuelle Aspekte und die Übersichtlichkeit bzw. Klarheit des Prozessmodells. Die vom Anwender wahrgenommene Unterscheidbarkeit der Notationselemente, die Erkennbarkeit von Start- bzw. Endpunkt sowie die unmittelbare Reihenfolge der Prozessschritte im Vergleich zum betrieblichen Ablauf sowie die Zuordnung von Aktivitäten zu Organisationseinheiten werden hier erfasst. (3) Die Effizienz der Anwendbarkeit subsummiert Kriterien, die zusammenfassend den Aufwand für die Einführung und den Einsatz der Modellierungssprache beeinflussen. So determiniert die Anzahl und graphische Komplexität der Notationselemente die ad-hoc Zeichenbarkeit und den Zeitaufwand zur papierbasierten Modellerstellung bei einer Prozessaufnahme in der Produktion. Der Aspekt, dass mit einer steigenden Anzahl von Notationselementen verschiedene Anwender den gleichen Sachverhalt mit unterschiedlichen Elementen abbilden und der Zeitbedarf zur Entscheidungsfindung hinsichtlich des zu benutzenden Elements zur Abbildung eines bestimmten Sachverhalts ansteigt, wird bei (3) ebenfalls berücksichtigt.

## 3. Ergebnisse

Zur Identifikation von Methoden, die grundsätzlich zur Modellierung von Produktions- und Entwicklungsprozessen in Frage kommen, wurden mehr als 80 Quellen analysiert. Dabei wurden Informationen über den möglichen Verwendungszweck so-

wie die Eignung der Methoden ebenso berücksichtigt wie die Häufigkeit der Nennung als Indikator für den Bekanntheitsgrad bzw. die Verbreitung der Methoden. Schließlich wurden elf Modellierungssprachen ausgewählt und analysiert. Diese Methoden, die aus den Bereichen Softwareentwicklung, Geschäftsprozessmodellierung, Projektmanagement und Wirtschaftsinformatik stammen, sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

**Tabelle 1:** Übersicht der ausgewählten Prozessmodellierungssprachen

Prozessmodellierungssprache	Quelle
Business Process Modeling Notation (BPMN)	White (2004)
Erweiterte Ereignisgesteuerte Prozesskette (eEPK)	Scheer (1996)
Structured Analysis and Design Technique (SADT), Integrated Computer-Aided Manufacturing Definition (IDEF)	Ross (1977)
Petri-Netze	Petri (1962)
Strukturierte Analyse (SA), Datenflussdiagramme (DFD)	DeMarco (1979)
Methoden der Netzplantechnik (MPM, CPM, PERT, GERT)	Burghardt (2008)
Objektorientierte Methode zur Geschäftsprozessmodellierung und -analyse (OMEGA)	Gausemeier (1999)
K3-Methode (Koordination, Kooperation und Kommunikation)	Killich et al. (1999)
Programmablaufpläne (PAP)	DIN 66001
Aktivitätsdiagramme der Unified Modeling Language (UML), Version 2.0	Object Management Group (2005)
Gantt-Charts	Gantt (1861 - 1919)

Tabelle 2 zeigt sowohl den Kriterienkatalog als auch einen Auszug aus den Ergebnissen der Grobauswahl. Die Darstellung ist aus Platzgründen auf diejenigen Modellierungssprachen beschränkt, die für Produktions- sowie Entwicklungsprozesse in KMU besonders geeignet sind und daher zur weiteren Untersuchung im Rahmen der Feinauswahl vorgesehen sind.

**Tabelle 2:** Übersicht der Ergebnisse der Grobauswahl

Hauptkriterien	Subkriterien	Modellierungssprachen		
		BPMN	K3	eEPK
Ausdrucks-mächtigkeit des Notationssystems	Aktivitäten (inkl. Attributisierung, Aggregation)	X	X	O
	Kontrollfluss	X	X	X
	Zustände			X
	Informationen	X	X	X
	Informationsfluss	X	X	O
	Objekterzeugung	X	X	O
	Hilfsmittel, Werkzeuge	O	X	X
	Schleifen, Iterationen, Rücksprünge	X	X	O
	Organisationseinheiten, Akteure	X	X	X
	Entscheidungen	X	X	
	Verzweigung und Zusammenführung	X	X	X
	Schwachstellen	O	X	
	Freiheitsgrade	X	X	
Intuitive Verständlichkeit der Notationselemente	Kooperative Arbeitsprozesse		X	
	Perzeptuelle Diskriminierbarkeit der Notationselemente	O	O	O
	Eindeutigkeit bzgl. Regeln und Formalisierungsgrad	O	X	X
	Reihenfolge der Prozessschritte	X	X	X
	Start und Ende eindeutig erkennbar	X	X	
Effizienz der Anwendbarkeit	Zuordnung von Aktivitäten zu Organisationseinheiten			
	Zeitaufwand zur Erstellung eines Modells	X	X	O
	Ad-hoc Zeichenbarkeit (paper-based)	O	X	X
O – eingeschränkt zutreffend		X – zutreffend		

Die Untersuchung zeigt, dass viele Modellierungssprachen Defizite hinsichtlich ihrer Ausdrucksmächtigkeit aufweisen, die sich in den meisten Fällen unmittelbar auf die Verständlichkeit der Prozessmodelle und die Effizienz der Anwendbarkeit auswirken. So werden die Prozessmodellierungssprachen SA, SADT, Petri-Netze, Gantt-Charts, Programmablaufpläne der DIN 66001 und die Methoden der Netzplantechnik

aus der weiteren Betrachtung ausgeschlossen, da die wenigen verfügbaren Notationselemente nicht ausreichen, um typische Aspekte von Produktions- und Entwicklungsprozessen abbilden zu können. Die Methode OMEGA ermöglicht es nicht alle einer Organisationseinheit zugeordneten Aktivitäten direkt zu erfassen, wodurch die Übersichtlichkeit bzw. Klarheit des Prozessmodells eingeschränkt wird. Zudem erschwert die hohe graphische Komplexität der Notationselemente von OMEGA die ad-hoc Zeichenbarkeit. Interpretationsschwierigkeiten bei Dritten und Fehler beim Übertragen von Zeichnungen können aus diesem Nachteil resultieren. Das Notationssystem der K3-Methode basiert weitgehend auf dem der UML-Aktivitätsdiagramme, ergänzt um Elemente zur Darstellung kooperativer Arbeitsprozesse. Daher findet die UML aus Gründen der Untersuchungseffizienz in der Feinauswahl keine Berücksichtigung. Insgesamt erfüllen die Modellierungssprachen BPMN, K3 und eEPK die Kriterien der Grobauswahl und werden in weiteren Forschungsarbeiten einer detaillierten Untersuchung respektive empirischen Studien unterzogen.

#### 4. Ausblick

Im Rahmen weiterer Forschungsarbeiten werden empirische Studien unter Zuhilfenahme arbeitswissenschaftlicher Methoden durchgeführt. Ausgehend von Theorien wie beispielsweise dual coding theory (Paivio 1991), theory of working memory (Baddeley & Hitch 1974), cognitive load theory (Sweller 1988), theory of multimedia learning (Mayer 2001) und external cognition theory (Scaife & Rogers 1996) werden empirische Studien konzipiert, die Einflussgrößen auf die Fehler von Prozessmodellen untersuchen sollen. Zudem werden Usability-Untersuchungen der Notationssysteme von BPMN, K3 und eEPK durchgeführt. Diese Testreihen werden von ergonomischen Aspekten geleitet und mit Probanden unterschiedlichen Alters, Bildung und methodischen Vorkenntnissen durchgeführt.

#### 5. Literatur

1. Baddeley, A.D. & Hitch, G. 1974, The psychology of learning and motivation: Advances in research and theory, Kapitel Working Memory. New York: Academic Press, S. 47-89.
2. Becker, J. & Kahn, D. 2008, Der Prozess im Fokus. In: J. Becker, M. Kugeler & M. Rosemann (Hrsg.), Prozessmanagement – Ein Leitfaden zur prozessorientierten Organisationsgestaltung. Berlin: Springer.
3. Fettke, P. 2009, Ansätze der Informationsmodellierung und ihre betriebswirtschaftliche Bedeutung: Eine Untersuchung der Modellierungspraxis in Deutschland, Schmalenbachs Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung, Verlagsgruppe Handelsblatt, 61, 550-580.
4. Gausemeier, J., Plass, C. & Wenzelmann, C. 2009, Zukunftsorientierte Unternehmensgestaltung. München: Carl Hanser Verlag.
5. Mayer, R.E. 2001, Multimedia Learning. Massachusetts. Cambridge: Cambridge University Press.
6. Mendling, J. 2008, Metrics for Process Models – Empirical Foundations of Verification, Error Prediction, and Guidelines for Correctness. Heidelberg: Springer-Verlag.
7. Moody, D.L. 2005, Theoretical and practical issues in evaluating the quality of conceptual models: current state and future directions, Data & Knowledge Engineering, 55, 243-276.
8. Paivio, A. 1991, Dual Coding Theory: Retrospect and Current Status, Canadian Journal of Psychology, 45, 255-287.
9. Scaife, M. & Rogers, Y. 1996, External Cognition: how do graphical representations work?, International Journal of Human-Computer Studies, 45, 185-213.
10. Sweller, J. 1988, Cognitive load during problem solving: Effects on learning, Cognitive Science: A Multidisciplinary Journal, 12, 257-285.

# Betriebsräte als kompetente Gestaltungspartner für "Gute Arbeit": ein Seminarkonzept zur Vermittlung von Kurzverfahren der Arbeitsanalyse

Wolfgang KÖTTER

*GITTA mbH, Berlin, Kreuzbergstr. 37-38, D-10965 Berlin*

**Kurzfassung:** Der Vortrag berichtet über die Entwicklung und erfolgreiche Durchführung von Betriebsrats-Seminaren, in denen die Betriebsräte in der betrieblichen Anwendung von Kurzverfahren der Arbeitsanalyse (LFI&KPB) ausgebildet wurden.

**Schlüsselwörter:** Betriebsrat, Kurzverfahren, Gestaltungskompetenz, Arbeitsanalyse.

## 1. Einleitung

Als gewählte Interessenvertreter der Beschäftigten haben Betriebsräte nach dem Betriebsverfassungsgesetz (BetrVG) vielfältige Aufgaben

- im Bereich des Arbeitsschutzes und der betrieblichen Gesundheitsförderung,
- im Bereich der betrieblichen Ausgestaltung von Regelungen zu Arbeitszeit und Entgelt,
- im Zusammenhang mit dem betrieblichen Vorschlagswesen und der „Durchführung von Gruppenarbeit“,
- bei der Gestaltung von Arbeitsplatz, Arbeitsablauf und Arbeitsumgebung,
- im Hinblick auf die betriebliche Aus- und Weiterbildung.

In unserem Zusammenhang von besonderer Bedeutung ist § 91 Satz 1 Betr.VG:

„Werden die Arbeitnehmer durch Änderungen der Arbeitsplätze, des Arbeitsablaufs oder der Arbeitsumgebung, die den gesicherten arbeitswissenschaftlichen Erkenntnissen über die menschengerechte Gestaltung der Arbeit offensichtlich widersprechen, in besonderer Weise belastet, so kann der Betriebsrat angemessene Maßnahmen zur Abwendung, Milderung oder zum Ausgleich der Belastung verlangen.“

Mit anderen Worten: Betriebsräte sind in Sachen Arbeitsgestaltung umfassend gefordert. Wie haben sie Zugang zu dem dazu nötigen arbeitswissenschaftlichen Wissen? Das BetrVG sieht hierzu einerseits die Teilnahme an geeigneten Seminaren und andererseits, nach § 80.3 BetrVG, die Hinzuziehung von Sachverständigen vor. Noch lange nicht beantwortet ist damit allerdings die Frage, wie Betriebsräte die vom Gesetz und in der betrieblichen Praxis implizit geforderte Analyse-, Bewertungs- und Gestaltungskompetenz entwickeln können.

Eine besondere Aktualität hat dieses Thema bekommen

- durch die demographische Entwicklung, aus der sich zwingend die Anforderung einer altersgerechten Arbeitsgestaltung (und damit insbesondere die Notwendigkeit der Minimierung und weitgehenden Vermeidung gesundheitsgefährdender psychischer und physischer Fehlbeanspruchungen) ergibt,
- durch die arbeitspolitisch breit diskutierte Zunahme gesundheitsgefährdender psychischer Belastungen und die Rolle des BR bei der Durchführung entsprechender Gefährdungsbeurteilungen nach dem Arbeitsschutzgesetz,



- durch die verbreitete Einführung von so genannten Ganzheitlichen Produktionssystemen (GPS) mit ihren vielfältigen Auswirkungen auf die Gestaltung von Arbeitsplätzen, Arbeitsabläufen, Arbeitsorganisation und Arbeitsgestaltung bis hin zur Einführung grundlegend neuer Arbeitsmethoden und zur Durchführung der dazu erforderlichen Qualifizierungsmaßnahmen (vgl. zu den daraus resultierenden Anforderungen an Betriebsräte Kötter et al. 2008; Kötter 2008)

## 2. Ausgangssituation, Aufgabenstellung

Der IG Metall-Bezirk Baden-Württemberg hat vor dem Hintergrund der skizzierten Anforderungskonstellation im Rahmen des von ihm durchgeführten Projekts „kompetenz & innovation.bawü“ zwei Aufträge an arbeitswissenschaftliche Einrichtungen vergeben, um die Entwicklung von Analyse- und Bewertungskompetenz der Betriebsräte im Hinblick auf „Gute Arbeit“ besser als bisher unterstützen und vorantreiben zu können.

Der erste Auftrag ging an Prof. Dr. E. Frieling und Dr. E. Schäfer, die in enger Abstimmung mit dem Projektteam der IGM Baden-Württemberg auf der Basis des Lernförderlichkeitsinventars (LFI, Frieling et. al. 2007) ein für die Anwendung durch Betriebsräte geeignetes Kurzverfahren zur Einschätzung der Lernförderlichkeit von Arbeitstätigkeiten/Arbeitsaufgaben entwickelten (IGM Baden-Württemberg 2009).

In einem zweiten Schritt erhielt die GITTA mbH den Auftrag, einen Vergleich über die Nutzbarkeit unterschiedlicher Kurzverfahren der Arbeitsanalyse zur Erstellung betrieblicher „Soll-Ist-Landkarten“ im Hinblick auf die Qualität der Arbeitsbedingungen zu erstellen.

Einbezogen wurden dabei

- das LFI-Kurzverfahren
- das „Kurzverfahren Psychische Belastung (KPB, Neuhaus 2009)
- der START-Fragebogen (Satzler & Geray 2006)
- zwei am Fraunhofer-Institut für Arbeitswissenschaft und Organisation IAO aus dem TBS (Richter & Hacker 2003) entwickelte Screening-Verfahren (Buch & Pack 2003; Uhrmann-Nowack et al. 1999).

## 3. Lösungsansatz

Für die vom Auftraggeber in den Vordergrund gestellte Anforderung, auf der Basis gesicherter arbeitswissenschaftlicher Erkenntnisse eine Kombination von durch Betriebsräte mit vertretbarem Schulungs- und Anwendungsaufwand einsetzbare Kurzverfahren auszuwählen, mit der sowohl das Gestaltungsinteresse „Lern- und Entwicklungsförderlichkeit von Arbeit“ als auch das Schutzinteresse „Vermeidung gesundheitsgefährdender Belastungen“ abgedeckt werden kann, erwies sich die Verbindung des LFI-Kurzverfahrens mit dem KPB mit deutlichem Abstand als die zweckmäßigste Verfahrenskombination:

- Beide Kurzverfahren stammen letztlich aus derselben Verfahrensfamilie, dem TAI (Frieling 1993), was die Kompatibilität sichert und den Schulungsaufwand verringert.
- Zusammen bieten beide Kurzverfahren eine gute Abdeckung der fünf beim Verfahrenvergleich herangezogenen Bewertungskriterien
- Anforderungsgehalt der Aufgaben,



- Kommunikation & Kooperation, Beteiligung/Partizipation,
- Gesundheitsgefährdende Belastungen,
- Qualifizierung und Kompetenzentwicklung,
- Personalauswahl & Personaleinsatz, Führung.

#### 4. Seminarkonzept

Zur Verfahrensschulung wurde ein zweiteiliger Lehrgang mit einer zwischenzeitlichen Anwendungsphase von 6 – 8 Wochen konzipiert.

In Teil 1 des Lehrgangs wird anhand vorliegender Beispielbeschreibungen unterschiedlich gestalteter Arbeitsplätze in Fertigung, Montage und im Angestelltenbereich gelernt, die in den Kurzverfahren operationalisierten Kriterien menschengerechter Arbeitsgestaltung anzuwenden.

Auf dieser Grundlage entwickeln die Teilnehmer mit Hilfe von Checklisten und mitgebrachten betrieblichen Unterlagen einen eigenen Plan zur Erstellung einer betrieblichen Soll-Ist-Landkarte in ihrem Betrieb.

- Tag 1: Kriterien für „Gute Arbeit“: Anwendung der Kurzverfahren auf Beispielarbeitsplätze,
- Tag 2: Vorgehen zur Erstellung der Soll-Ist-Landkarte: Umsetzung in eigene Untersuchungsplanung,
- Tag 3: „Virtuelle“ Beschreibung von Schlüsselarbeitsplätzen im eigenen Betrieb, Anwendung der Kurzverfahren: Aktivitätenliste „Unsere Soll-Ist-Landkarte“.

Im Teil 2 berichten die Teilnehmer über das Vorgehen und den Stand der Erstellung ihrer betrieblichen Soll-Ist-Landkarten.

Auf dieser Grundlage werden besprochen:

- die dabei aufgetauchten betriebspolitischen Konstellationen,
- konkrete Gestaltungsfelder und Gestaltungsansätze,
- der Zusammenhang zwischen Arbeitsgestaltung und Change-Management.
- Tag 1: Berichte aus den Betrieben: Arbeit an den geschilderten Problemkonstellationen,
- Tag 2: Ableitung konkreter Gestaltungsmaßnahmen aus den Soll-Ist-Landkarten: Bearbeitung von Vertiefungsthemen zur betrieblichen Vorgehensweise,
- Tag 3: Der Zusammenhang von Arbeitsgestaltung und Change-Management: Konsequenzen für die Betriebspraxis der Teilnehmer.

#### 5. Anwendungserfahrungen

Erfahrungen mit der Anwendung des Seminarkonzepts gibt es bislang in einem überbetrieblichen Betriebsrätelehrgang mit insgesamt 9 Teilnehmerbetrieben, der allerdings gegenüber dem ursprünglichen Seminarkonzept angesichts der gegenwärtigen krisenbedingten Belastungssituation der Betriebsräte auf 2 + 1 Tage (statt 3 + 3 Tage) verkürzt werden musste, und aus einem betrieblichen Gestaltungsfall, bei dem das erste Modul die vollen drei Tage, die Follow-Up-Veranstaltung jedoch ebenfalls nur einen Tag dauerte bestand. Im betrieblichen Gestaltungsfall nahmen außer dem gesamten Betriebsratsgremium auch drei Vertreter des betrieblichen Projektteams

am Seminarprozess teil, das im Werk an der Pilot-Einführung des Konzern-Produktionssystems arbeitet.

Hier in aller Kürze die wichtigsten Erfahrungen aus diesen beiden Anwendungsfällen:

- Die beteiligten Betriebsräte waren bereits nach dem ersten Tag (Probeanwendung auf vorgegebene Beispielfälle) gut in der Lage, die konkreten Vor-Ort-Analysen angemessen zu planen, die Beobachtungsinterviews situationsangemessen durchzuführen und zu aus arbeitswissenschaftlicher Expertensicht angemessenen Analyseergebnissen zu kommen.
- Im betrieblichen Gestaltungsfall brachte die gemeinsame Durchführung der Beobachtungsinterviews in einem nach Produktionssystem-Methodik umgestalteten Montagebereich den beteiligten Betriebsräten einen aus ihrer Sicht entscheidenden Durchbruch sowohl im Kontakt zu den von der Umgestaltung betroffenen Kollegen als auch in der eigenen Analysekompetenz und Auseinandersetzungsfähigkeit.

## 6. Literatur

1. Barthel, J., Feggeler, A. & Nussbaum, M. 2002, Ganzheitliche Produktionssysteme. Gestaltungsprinzipien und deren Verknüpfung. Stuttgart: Wirtschaftsverlag Bachem.
2. Buck, H. & Pack, J. 2003, Qualifikationsförderliche Montagesystemgestaltung und altersgemischte Gruppenarbeit. In: A. Reif & H. Buck (Hrsg.), Innovationsfähigkeit in der Montage bei sich verändernden betrieblichen Altersstrukturen. Stuttgart: IRB-Verlag, S. 169–178.
3. Frieling, E. 1993, Tätigkeits-Analyse-Inventar. Theorie, Auswertung, Praxis, Handbuch und Verfahren. Landsberg/Lech: ecomed.
4. Frieling, E., Bigalk, D., Gösel, C. & Müller, R.F. 2007, Lernvoraussetzungen an gewerblichen Arbeitsplätzen messen, bewerten und verbessern. Bericht über Erfahrungen mit dem Einsatz des Lernförderlichkeitsinventar LFI in Betrieben der Zuliefererindustrie. Münster: Waxmann.
5. Lay, G. 2008, Von Modernisierunginseln zu integrierten Produktionssystemen. Ein Leitfaden für die strategieorientierte Verknüpfung betrieblicher Modernisierungsmaßnahmen in kleinen und mittleren Unternehmen. Frankfurt am Main: VDMA-Verlag.
6. Liker, J.K., Meier, D.P. & Braun, A. 2007, Der Toyota-Weg. Für jedes Unternehmen, Praxisbuch, 1. Auflage. München: FinanzBuch-Verlag.
7. Neuhaus, R. 2009, KPB - Kurzverfahren psychische Belastung. Köln: Wirtschaftsverlag Bachem.
8. Richter, G. & Hacker, W. 2003, Tätigkeitsbewertungssystem - Geistige Arbeit für Arbeitsplatzinhaber. Zürich: vdf Hochschul-Verlag.
9. Satzer, R. & Geray, M. 2006, Stress - Psyche - Gesundheit - Das START-Verfahren zur Gefährdungsbeurteilung von Arbeitsbelastung. Ein Leitfaden für die betriebliche Praxis. Frankfurt am Main: Bund-Verlag.
10. Uhrmann-Nowak, R., Pack, J. & Jürgens, H. 1999, Qualifikations-Bedarfs-Analyse. Applikation für Arbeitssysteme in der industriellen Fertigung, in der Produktionsvor- und -nachbereitung, einschließlich von Leitungsfunktionen, 1. Auflage. Chemnitz: Polygraphisches Zentrum der Technischen Universität.
11. Zink, K.J., Kötter, W., Longmuß, J. & Thul, M. (Hrsg.) 2008, Veränderungsprozesse erfolgreich gestalten. Berlin: Springer.

## Balanceorientierte Leistungspolitik – Betriebliche und individuelle Ansätze zur Work-Life-Balance: Das Projekt LANCEO

Wolfgang MENZ<sup>1</sup>, Barbara WILDE<sup>2</sup>, Nick KRATZER<sup>1</sup> und Stephan HINRICHS<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V. München,  
Jakob-Klar-Str. 9, D-80796 München*

<sup>2</sup> *Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Institut für Psychologie,  
Arbeitsgruppe Arbeits- und Organisationspsychologie,  
Engelbergerstr. 41, D-79085 Freiburg*

**Kurzfassung:** In diesem Beitrag werden Problemstellung, Ansatzpunkt und Ziele des von BMBF und ESF geförderten Forschungs- und Gestaltungsprojekts LANCEO (Balanceorientierte Leistungspolitik - Leistungspolitische Ansätze zur Gestaltung der Work-Life-Balance, Laufzeit August 2009 bis April 2013) vorgestellt.

**Schlüsselwörter:** Work-Life-Balance, Leistungspolitik.

### 1. Problemstellung

„Work-Life-Balance“ ist die Antwort auf die Frage, wie in einer flexiblen Arbeitswelt das Verhältnis von „Arbeiten“ und „Leben“ so gestaltet werden kann, dass Leistungsfähigkeit und Lebensqualität nicht im Widerspruch zueinander stehen, sondern sich im Gegenteil wechselseitig verstärken. Work-Life-Balance ist das Prinzip, dass Erwerbsarbeit und Privatleben als gleichberechtigte Lebensbereiche in ein ausgewogenes und sozial nachhaltiges Verhältnis gebracht werden – zum Vorteil von Unternehmen, Individuen und Gesellschaft (Badura & Vetter 2004; Prognos 2005). Die Umsetzung des Prinzips der Work-Life-Balance steht gegenwärtig aber vor zwei wesentlichen Herausforderungen:

Erstens wird das Verhältnis zwischen (Erwerbs)Arbeit und (Privat)Leben angesichts der weitreichenden Flexibilisierung und „Entgrenzung“ der Zeiten, Räume, Leistungsanforderungen und Inhalte von Arbeit (vgl. dazu etwa Kratzer 2003; Gottschall & Voß 2003) selbst flexibilisiert und individualisiert. Work-Life-Balance muss in permanenter Auseinandersetzung mit veränderlichen (arbeits- und lebensweltlichen) Rahmenbedingungen und Anforderungen immer wieder neu hergestellt werden (Jurczyk 2005). Und mehr denn je geht es dabei um die Herstellung eines individuellen – nach Geschlecht, Alter, Erwerbssituation usw. unterschiedlichen – Verhältnisses. Wie bedeutsam, aber auch wie schwierig dieser Prozess der Balance / des Balancierens von Arbeit und Leben (geworden) ist, zeigt die zunehmende Bedeutung dieser Thematik in Öffentlichkeit und Wissenschaft.

Die zweite zentrale Herausforderung besteht in einem Paradigmenwechsel in der betrieblichen Leistungssteuerung. Zunehmend setzt sich die „Ergebnisorientierung“ als dominantes Prinzip der betrieblichen Leistungssteuerung durch. In der klassischen, „aufwandsorientierten“ Steuerung von Arbeit ist der Aufwand (Personalbedarf, Zeitbedarf, Qualifikationserfordernisse etc.) die unabhängige Variable, der Ausgangspunkt jeder Planung, Steuerung und Rationalisierung, und das Ergebnis die abhängige Größe. In der ergebnisorientierten, „indirekten“ Steuerung wird das Verhältnis von Aufwand und Ergebnis umgedreht: Jetzt ist das gewünschte Ergebnis der

Ausgangspunkt, und der Aufwand muss flexibel angepasst werden. Und je mehr bei der Definition von Zielvorgaben oder Ergebniserwartungen die vorhandenen Ressourcen nicht mehr der zentrale Bezugspunkt sind, sondern Benchmarks, abstrakte Renditeerwartungen, die Vorgabe pauschaler Produktivitätssteigerungen oder Kostensenkungen, desto mehr gerät die „Aufwandsseite“ unter Anpassungsdruck. Bemerkbar macht sich dies dann in zunehmender Leistungsintensivierung, wachsenden Problemen der Vereinbarkeit von Arbeit und Leben und einem Anstieg psychischer Belastungen.

Die Ergebnisorientierung kann so zur Grenze eines stimmigen Verhältnisses von Ressourcen und Anforderungen und damit eines ausgewogenen Verhältnisses von Arbeit und Leben werden: vor allem dann, wenn – in der weitestgehenden Variante – die Leistungssteuerung am Markterfolg ausgerichtet wird. Aber das Misslingen einer Balance von Anforderungen und Ressourcen, Arbeiten und Leben kann auch zur Grenze ergebnisorientierter Steuerung werden. Dann können Führungskräfte kaum noch steuern und motivieren, erhalten Beschäftigte keine Anerkennung mehr für ihre Leistung, steigen psychische Belastungen und Vereinbarkeitsprobleme, sinken langfristig Leistungsfähigkeit und Leistungsbereitschaft.

## 2. Ansatzpunkt

Die Balance von Anforderungen und Ressourcen in der Arbeit ist ein wesentlicher Schalthebel zur Herstellung von Work-Life-Balance. Aber wie werden in der Praxis ergebnisorientierter Steuerung Anforderungen und Ressourcen in Bezug zueinander gesetzt? Welche Spielräume der Balance von Anforderungen und Ressourcen sowie von Arbeit und Leben gibt es unter der Bedingung indirekter, ergebnisorientierter Steuerung? Wie kann ein elastisches Verhältnis von Arbeit und Leben gestaltet werden, welches den Ansprüchen beider Seiten entgegen kommt: den Anforderungen unternehmerischer und marktorientierter Flexibilität ebenso wie den unterschiedlichen Orientierungen und Ansprüchen der Beschäftigten, etwa hinsichtlich ihrer biographischen und familiären Bedürfnisse? Und wo kann man in gleichermaßen „subjektiver“ wie „objektiver“ Perspektive ansetzen, um Betriebe und Beschäftigte beim Balancieren von Arbeit(sanforderungen) und Leben(sanforderungen) zu unterstützen? Wie kann dies – unter Beteiligung der betrieblichen Interessenvertretung – erfolgreich und nachhaltig reguliert werden?

Die Antwort lautet: Indem das Prinzip der Balance systematisch in die betriebliche Leistungssteuerung integriert und dort als ein tatsächlich praxisrelevantes Leitbild verankert wird – kurz: durch „balanceorientierte Leistungs politik“. Die neue Herausforderung für Unternehmen, Betriebsräte und nicht zuletzt die Beschäftigten selbst besteht darin, auch im Rahmen ergebnisorientierter „indirekter“ Steuerungsformen Aufwand und Ergebnis auszubalancieren. Dies ist kein normativer Anspruch, sondern ein ganz praktischer. Ohne die Herstellung einer systematischen Beziehung zwischen Arbeitsaufwand und Ergebnis funktionieren weder Leistungssteuerung noch Work-Life-Balance.

Das heißt: Zur Herstellung stabiler Balanceverhältnisse zwischen den zunehmend flexibilisierten Ansprüchen von Arbeit und Leben bedarf es nicht nur eines erfolgreichen „Grenzmanagements“ zwischen beiden Bereichen (etwa durch eine flexible Arbeitszeitpolitik), sondern auch einer Balance zwischen betrieblichen Anforderungen und Ressourcen. Balance ist der Schlüssel für mehr Leistungsfähigkeit und Lebensqualität. Das Verhältnis von Arbeit und Leben und das Verhältnis von Anforderungen

und Ressourcen müssen flexibel gestaltbar sein, aber das Prinzip der Gestaltung – Balance – muss stabil bleiben.

Die betriebliche Leistungs politik ist nicht nur ein bislang brach liegendes Forschungsfeld für ein grundlegendes Verständnis aktueller Probleme der Work-Life-Balance, sondern auch ein zentrales Gestaltungsfeld, auf dem die veränderten Herausforderungen der Herstellung einer individuellen, flexiblen und mehrdimensionalen Work-Life-Balance angegangen werden können.

Die betriebliche Leistungs politik steht im Schnittpunkt betrieblicher Interessen und Anreizsysteme (Entgelt, variable Vergütung, Führung, Anerkennung etc.) einerseits und individueller Kompetenzen, Ressourcen und Motive andererseits. Leistungs politik ist die Vermittlung beider Seiten, umfasst also alle Mechanismen, Verfahren und Instrumente, mit denen aus dem Arbeitsvermögen „verwertbare“ Leistung wird. Sich mit der betrieblichen Leistungs politik in der Perspektive von Work-Life-Balance zu befassen, bedeutet deshalb auf einen konkreten Verursachungszusammenhang und ein ganz konkretes Gestaltungsfeld zu fokussieren und zugleich die Flexibilität betrieblicher und lebensweltlicher Zusammenhänge zu berücksichtigen.

In der Mehrdimensionalität von Work-Life-Balance und Leistungs politik dürften die entscheidenden Probleme, aber auch Spielräume liegen. Es geht auch um die Überwindung monokausaler Ansätze – sei es den Ansatz einer reinen Ergebnisorientierung oder ausschließlich auf die Regulierung der Zeitdimension ausgerichteter Ansätze. Es geht nicht nur um die Balance von Ergebnisvorgaben und Arbeitszeit, sondern darum, alle Dimensionen von Leistungssteuerung und des Arbeit-Leben-Verhältnisses in eine ausgewogene und sozial nachhaltige Relation zu bringen: Es geht um die Balance von Arbeitszeit und „Lebenszeit“, von Anforderungen und Ressourcen, aber auch um die Balance von zu erbringender Leistung und der (materiellen und immateriellen) Anerkennung, die die Beschäftigten dafür erhalten, von heutiger Anstrengung und den Perspektiven zukünftiger Entwicklung, von Verausgabung und Erholung, von Quantität und Qualität von Arbeit.

### 3. Ziele

Das zentrale Ziel des von BMBF und ESF geförderten Forschungs- und Gestaltungsprojekts LANCEO (Balanceorientierte Leistungs politik - Leistungs politische Ansätze zur Gestaltung der Work-Life-Balance; Projektträger: DLR; Laufzeit: August 2009 bis April 2013) besteht darin, betriebliche Maßnahmen und individuelle Kompetenzen, die zu einer ausgewogeneren Work-Life-Balance von Beschäftigten führen, zu entwickeln und systematisch aufeinander zu beziehen. Der zentrale Ansatzpunkt ist dabei die betriebliche Leistungs politik. Im Zentrum der Projektarbeiten steht daher die Entwicklung eines Gestaltungskonzepts balanceorientierter Leistungs politik. Dieses besteht aus einer Bündelung und praxisorientierten Darstellung von entwickelten, erprobten und evaluierten Ansätzen und Good-Practice-Beispielen einer leistungs politischen Gestaltung der Work-Life-Balance.

Eine solche Gestaltungsperspektive erfordert wiederum die Ausarbeitung eines Erklärungskonzepts balanceorientierter Leistungs politik, das den Zusammenhang von indirekter, ergebnisorientierter Leistungssteuerung und Work-Life-Balance in einer ganzheitlichen, die verschiedenen Institutionen und Dimensionen berücksichtigenden Perspektive so beschreibt, dass Handlungsbedarf, Handlungsfelder und Handlungsansätze abgeleitet werden können.

Zentrales Gestaltungsfeld sind die Instrumente, Methoden und Verfahren der un-



mittelbaren Leistungssteuerung in verschiedenen Tätigkeits- bzw. Unternehmensfeldern sowie die Entwicklung der individuellen Kompetenzen zum gelungenen Umgang mit den widersprüchlichen Anforderungen aus Arbeit und Leben. Zielvereinbarungsverfahren, leistungs- und erfolgsbezogenen Vergütungsmethoden sowie Personal- und Leistungsbeurteilungssystemen kommen in diesem Vorhaben eine besondere Aufmerksamkeit zu, weil diese Methoden und Verfahren dazu dienen (sollen), individuelles Handeln an den Unternehmenszielen auszurichten und den individuellen „Erfolg“ – Entgelt, Anerkennung, Zufriedenheit – möglichst unmittelbar mit dem Unternehmens- oder Markterfolg zu verknüpfen. Dies umfasst nicht nur die Frage der gelungenen Regulation der Leistungsbedingungen mit entsprechend ausgestalteten betrieblichen Verfahren und Vorgehensweisen, sondern auch die des kompetenten Umgangs der Leistungssubjekte mit den Anforderungen und Bedingungen, beispielsweise in Form balanceförderlicher Handlungsstrategien des Vereinbarungs- und Grenzziehungsmanagements und des reflexiven Umgangs mit der eigenen Leistungs- und Lebenssituation.

#### 4. Projektverbund

Unter Koordination des Instituts für sozialwissenschaftliche Forschung untersuchen drei weitere wissenschaftliche Verbundpartner (Arbeitsgruppe Arbeits- und Organisationspsychologie der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg; Professur für Betriebswirtschaftslehre, insbesondere Organisation und Personal, an der Carl von Ossietzky Universität Oldenburg; COGITO Institut für Autonomieforschung) und ein Unternehmenspartner (Endress+Hauser GmbH+Co. KG) mit verschiedenen Methoden (quantitativ, qualitativ, reflexiv) diese Fragestellungen. Gemeinsam mit weiteren Kooperationsunternehmen verschiedener Branchen wird auf Basis einer umfassenden Analyse der bestehenden leitungspolitischen Arrangements sowie der Balance von Erwerbsarbeit und Privatleben eine balanceorientierte Leistungspolitik entwickelt, erprobt und evaluiert.

#### 5. Literatur

1. Badura, B. & Vetter, C. 2004, "Work-Life-Balance" - Herausforderung für die betriebliche Gesundheitspolitik und den Staat. In: B. Badura, H. Schellschmidt & C. Vetter (Ed.), Fehlzeiten-Report 2003: Wettbewerbsfaktor Work-Life-Balance. Betriebliche Strategien zur Vereinbarkeit von Beruf, Familie und Privatleben. Berlin: Springer, S. 1-18.
2. Gottschall, K. & Voß, G.G. 2003, Entgrenzung von Arbeit und Leben. München. Mering: Hampp.
3. Jurczyk, K. 2005, Work-Life-Balance und geschlechtergerechte Arbeitsteilung – Alte Fragen neu gestellt. In: H. Seifert (Ed.), Flexible Zeiten in der Arbeitswelt. Frankfurt: Campus, S. 102-123.
4. Kratzer, N. 2003, Arbeitskraft in Entgrenzung. Grenzenlose Anforderungen, erweiterte Spielräume, begrenzte Ressourcen. Berlin: Sigma.
5. Prognos 2005, Work-Life-Balance als Motor für wirtschaftliches Wachstum und gesellschaftliche Stabilität. Berlin: Prognos.



# **Gesundheitsmanagement**



# Wettbewerbsvorteile durch Gesundheitskultur und Gesundheitsmanagement

Sibylle ADENAUER und Sascha STOWASSER

*Institut für angewandte Arbeitswissenschaft e.V. – IfaA,  
Uerdinger Straße 56, D-40878 Düsseldorf*

**Kurzfassung:** Leistungsfähige und leistungsbereite Mitarbeiter sind der Schlüssel zum Erfolg eines Unternehmens. Leistungsfähigkeit und Leistungsbereitschaft werden von verschiedenen Faktoren aus dem privaten und beruflichen Umfeld beeinflusst. Veränderte Rahmenbedingungen mit Auswirkungen auf die Arbeitswelt, z.B. älter werdende Belegschaften, steigern die Bedeutung von Maßnahmen zur Stärkung der gesundheitlichen Leistungsfähigkeit der Beschäftigten. Maßnahmen des Betrieblichen Gesundheitsmanagement erweisen sich als wirksam.

**Schlüsselwörter:** Betriebliches Gesundheitsmanagement, Eigenverantwortung, Gesundheit, Leistungsfähigkeit.

## 1. Einleitung

Unternehmen brauchen leistungsfähige und leistungsbereite Mitarbeiter, um angesichts der sich ändernden Rahmenbedingungen z.B. durch die Globalisierung der Wirtschaft, durch rasante technologische Entwicklungen und durch demografische Veränderungen wettbewerbsfähig zu bleiben. Einflussfaktoren auf die Leistungsfähigkeit sind sowohl dem persönlichen und privaten, als auch dem beruflichen Umfeld zuzuordnen. Zu den Einflussfaktoren aus dem persönlichen und privaten Bereich gehören z. B. Intelligenz und Begabung, gesundheitliche Konstitution, Lebensführung, Sozialisation und Ausbildung. Zu den beruflichen Einflussfaktoren zählen z.B. bisherige Tätigkeiten (Belastungssituation, Training) und Leistungsanforderungen in der Arbeit. Insbesondere vor dem Hintergrund der Anhebung des regulären Renteneintrittsalters auf 65 bzw. 67 Jahre werden Beschäftigte in der Regel künftig länger im Unternehmen verbleiben. Betriebliches Gesundheitsmanagement trägt dazu bei, dass die Leistungsfähigkeit einer stärker alternden Belegschaft erhalten bleibt.

## 2. Zielsetzung und Kennzeichen des Betrieblichen Gesundheitsmanagement

Maßnahmen der betrieblichen Gesundheitsförderung bzw. des betrieblichen Gesundheitsmanagement sind freiwillige Maßnahmen des Unternehmens. Sie haben vor allem zum Ziel:

- durch entsprechende Angebote die Verantwortung der Beschäftigten für den Erhalt ihrer Gesundheit und damit zum Erhalt ihrer Leistungsfähigkeit zu wecken und zu fördern, um sie zu einer gesunden Verhaltensweise am Arbeitsplatz und zu einer gesunden Lebensführung außerhalb des Betriebes zu motivieren;
- die Leistungsfähigkeit einer stärker alternden Belegschaft frühzeitig zu fördern und langfristig zu erhalten;

- Fehlzeiten und damit verbundene Kosten zu minimieren.

Maßnahmen der präventiven betrieblichen Gesundheitsförderung sind seit 2009 für den Arbeitgeber bis zu einem Betrag von 500 Euro von der Steuer freigestellt, wenn sie hinsichtlich Qualität, Zweckbindung und Zielgerichtetheit den Anforderungen der §§ 20 und 20 a des SGB V entsprechen.

Betriebliches Gesundheitsmanagement (BGM) beschreibt einen systematischen, komplexen, ganzheitlichen und integrierten Ansatz, der über Gesundheitsförderungsaktivitäten wie Ernährungsberatung, Angebote zu Bewegung und Sport oder Rückenschule hinausgeht. BGM beinhaltet Maßnahmen aus verschiedenen Fachdisziplinen (Kentner 2007). „Grundlage für ein Betriebliches Gesundheitsmanagement muss ein breites Gesundheitsverständnis sein, das physische und psycho-soziale Gesundheitsdimensionen umfasst. Gestaltungsmaßnahmen setzen damit sowohl an den Arbeitsbedingungen als auch am Verhalten der Organisationsmitglieder an.“ (Zink 2009).

Betriebliches Gesundheitsmanagement folgt dem systematischen Vorgehen von Bedarfsanalyse, Planung, Intervention (Umsetzung von Maßnahmen) und Evaluation: der Prüfung der Wirksamkeit entsprechender Maßnahmen vor dem Hintergrund eines angemessenen Kosten-Nutzen-Verhältnisses. Die Einbindung der Mitarbeiter ist ein weiteres wesentliches Kennzeichen. „'Betroffene zu Beteiligten machen' bedeutet auch, die Eigenverantwortlichkeit der Beschäftigten und ihre Akzeptanz für die Maßnahmen zu erhöhen“ (Mißler & Stephan 2004). Gesundheit wird somit zu einer Managementaufgabe und zu einem Bestandteil der Unternehmensziele und des Unternehmensleitbildes.

### 3. Wirksamkeit von Betrieblichem Gesundheitsmanagement

#### 3.1 Vernetzter Ansatz der Adam Opel GmbH, Werk Kaiserslautern

Das Komponentenwerk der Adam Opel GmbH in Kaiserslautern produziert Blechteile, Achsen, Hauben und Motoren. Das Ergebnis der Altersstrukturanalyse und „Rente ab 67“ zeigten Handlungsbedarf auf für eine vorausschauende Unternehmenspolitik, die Prävention bei „wandernder Kohorte“ ermöglicht. Kernelement ist der Ergonomie-Prozess Opel, der aus einem ganzheitlichen Ansatz besteht und Verhältnisprävention sowie Verhaltensprävention verbindet:

- Der technische Ansatz zielt auf die Optimierung der ergonomischen Gestaltung von Arbeitsplatz und Arbeitsumgebung. In moderierten Workshops werden die Mitarbeiter eingebunden. Neben Verbesserungsmaßnahmen an bestehenden Arbeitsplätzen werden ergonomische Gestaltungsanforderungen bei der Planung neuer Arbeitsplätze berücksichtigt.
- Der organisatorische Ansatz bezieht sich auf die Gestaltung von Arbeitsabläufen und den Einsatz von Mitarbeitern. Mit Hilfe der Datenbank ERGO-FWS (Frühwarnsystem) erfolgt durch den Werkarzt der Abgleich von arbeitsplatzspezifischen Daten mit dem Fähigkeitsprofil der Mitarbeiter. Die Datenbank ermöglicht u. a. die Identifizierung leistungsgerechter Arbeitsplätze für Mitarbeiter mit gesundheitlichen Einschränkungen.
- Der präventive Ansatz umfasst die Förderung von Verständnis und Fitness für Vorgesetzte und Mitarbeiter. Es handelt sich um eine Kombination aus Information, Training und Coaching und umfasst alle Funktionsebenen des Werkes, von der Werkleitung bis zum Mitarbeiter in der Produktion. Der präventive An-

satz zielt auf die Verhaltensprävention und schließt z.B. Themen wie gesunde Ernährung, Bewegung, Ergonomie am Arbeitsplatz ein (Benkel 2009).

### *3.2 Umfassender Ansatz und Wirksamkeit von BGM am Beispiel Phoenix Contact*

Phoenix Contact in Blomberg ist der Weltmarktführer für elektronische Verbindungstechnik. Gesunde leistungsfähige Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter sind für Phoenix Contact der Schlüssel zum Unternehmenserfolg, da sie fähig sind, Spitzenleistungen zu erbringen. Phoenix Contact erhielt verschiedene Auszeichnungen für das Betriebliche Gesundheitsmanagement.

Älter werdende Belegschaften waren ein Auslöser für die Implementierung eines BGM. Vor dem Hintergrund, dass mit dem Alter das Risiko zunehmen kann, physische und psychische Leistungsfähigkeit einzubüßen und dies ggf. zu einem höheren Krankenstand führt, zielt das Unternehmen mit gesundheitsfördernden Maßnahmen darauf ab, den Krankenstand von knapp 3 % auch bei einer älter werdenden Belegschaft zu halten. Grundlage für das Konzept des Gesundheitsmanagement ist die Work-Life-Balance. Möglichkeiten zum Einklang zwischen beruflichen und privaten Interessen sollen die Leistungsfähigkeit und Motivation der Mitarbeiter stärken. Flexible Arbeitszeitmodelle gehören daher als wesentliches Element eines umfassenden BGM zur Steigerung der (gesundheitlichen) Leistungsfähigkeit und Motivation der Mitarbeiter dazu, weil sie neben dem Beruf auch private Interessen realisieren können.

BGM ist Bestandteil der Unternehmensleitlinien. Die Umsetzung erfolgt mit Unterstützung der Krankenkassen, die auch ein Interesse haben, mit Prävention und Gesundheitsförderung entsprechende Kosten zu reduzieren.

BGM wird strategisch geplant und umgesetzt. Die Bedarfsanalyse erfolgt z.B. durch Gesundheitsschecks und eine Mitarbeiterbefragung, die aufzeigt, an welchen Maßnahmen sich die Mitarbeiter beteiligen würden. Die Umsetzung von Maßnahmen (z.B. Fitnessprogramme, Ernährungsberatung, Raucherentwöhnungsprogramme) erfolgt in der Regel als Training. Nach Ablauf eines Trainings wird wiederum ein Gesundheitscheck vorgenommen, um den Fortschritt festzustellen. Wurden die Ziele erreicht, kann das Training beendet werden.

Als positive Effekte nach Ablauf eines Jahres nennt Phoenix Contact (Olesch 2007):

- monetäre Effekte: bei jährlichen Kosten von 100.000 Euro ergab sich eine Einsparung von 360.00 Euro durch einen niedrigeren Krankenstand.
- messbare körperliche Effekte:
- Verbesserung der Muskelkraft um 20 %
- Verbesserung der Ausdauer um 11 %
- Verbesserung der Beweglichkeit der Gelenke um 13 %.
- Verbesserung des subjektiven Wohlbefindens um 18 %.

Als Erfolg verbucht das Unternehmen zudem, dass viele Mitarbeiter ihr Training auch außerhalb des Unternehmens fortsetzen. Gesundheitsmanagement stärkt das Image des Unternehmens als attraktiver Arbeitgeber, so die Erfahrung von Phoenix Contact. Es trägt dazu bei, qualifizierte Mitarbeiter zu gewinnen und zu halten (Olesch 2007).

#### 4. Diskussion

„Eine Vielzahl an wissenschaftlichen Studien belegt, dass Maßnahmen der betrieblichen Gesundheitsförderung neben positiven Gesundheitseffekten auch betriebswirtschaftliche Effekte bewirken können“ (Sokoll 2008). Zu vergleichbaren Ergebnissen kommen andere Untersuchungen, z.B. Zink (2009), Goldgruber & Ahrens (2009).

Der Erfolg eines Betrieblichen Gesundheitsmanagement schlägt sich nicht nur in quantitativen Größen nieder; auch qualitative Effekte müssen bei der Evaluation berücksichtigt werden. Quantifizierbare Indikatoren wie Kosten (das Verhältnis von Ausgaben zu Einsparungen), Entwicklung von Fehlzeiten und Unfallzahlen sind relativ leicht zu erfassen. Vielfach entziehen sich Nutzenpotenziale, z.B. Mitarbeiterzufriedenheit, Verhaltensänderungen oder Imagegewinn, einer direkten monetären Erfassung (Zink 2009). „Letztendlich muss die Effizienzbetrachtung auf einem „Zwiebelschalenmodell“ basieren, das die verschiedenen Ebenen einer Aufwand/Nutzen-Betrachtung abbildet (Zink 2009). Nach Goldgruber & Ahrens (2009) z.B. besteht zukünftiger Forschungsbedarf insbesondere in der Konzeption entsprechender hochwertiger Methoden zur Erfassung der Wirksamkeit von Maßnahmen des Betrieblichen Gesundheitsmanagement. Hilfreich wären auch mehr Beispiele, die aufzeigen, wie Mitarbeiter mit ungesunden Lebensgewohnheiten für gesundheitsförderliche Maßnahmen gewonnen werden können und wie die Nachhaltigkeit von Maßnahmen des Betrieblichen Gesundheitsmanagement langfristig gesichert werden kann.

#### 5. Literatur

1. Benkel, M. 2009, Vorausschauende Unternehmenspolitik, Prävention bei „wandernder Kohorte“. In: Institut für angewandte Arbeitswissenschaft (Ed.), Arbeits- und leistungsfähig bis 67 – Betriebliche Lösungsansätze, Vortragssammlung der IfaA-Fachveranstaltung am 13.05.2009. Düsseldorf: IfaA.
2. Goldgruber, J. & Ahrens, D. 2009, Gesundheitsbezogene Interventionen in der Arbeitswelt, Prävention und Gesundheitsförderung, 1, 83-95.
3. Kentner, M. 2007, Betriebliches Gesundheitsmanagement. In: A. Weber & G. Hörmann (Hrsg.), Psychosoziale Gesundheit im Beruf. Mensch – Arbeitswelt – Gesellschaft. Stuttgart: Gentner Verlag, S. 537-547.
4. Mißler, M. & Stephan, C. 2004, Auf dem Weg zum gesunden Unternehmen. In: Bundesverband der Betriebskrankenkassen – BKK (Hrsg.), Argumente und Tipps für ein modernes betriebliches Gesundheitsmanagement. Essen: Bundesverband der Betriebskrankenkassen.
5. Olesch, G. 2007, Von nichts kommt nichts, Personalwirtschaft, 9, 59 – 62.
6. Sokoll, I. Kramer, I. & Bödeker, W. 2008, Wirksamkeit und Nutzen betrieblicher Gesundheitsförderung und Prävention, Zusammenstellung der wissenschaftlichen Evidenz 2000 bis 2006, i-ga.Report 13. Essen: Bundesverband der Betriebskrankenkassen.
7. Zink, K.J., Thul, M.J., Hoffmann, J. & Flick, A. 2009, Integratives Betriebliches Gesundheitsmanagement – ein Kooperationsprojekt des Instituts für Technologie und Arbeit und der AOK – Die Gesundheitskasse in Hessen. Umsetzung und Evaluation unter Berücksichtigung einer Stakeholderperspektive. In: B. Badura, H. Schröder & C. Vetter (Hrsg.), Fehlzeiten-Report 2008. Betriebliches Gesundheitsmanagement: Kosten und Nutzen. Heidelberg: Springer Medizin Verlag, 171-186.



# **Gesunde Verwaltung – Modernes Gesundheitsmanagement am Beispiel der Stadtverwaltung Aachen**

Astrid BRAMMERTZ

*B 17 Arbeitsschutz, Gesundheitsschutz und Soziales  
der Stadtverwaltung Aachen,  
Habsburgerallee 11 -13, D-52058 Aachen*

**Kurzfassung:** Am Beispiel der Stadtverwaltung Aachen wird ein Konzept für ein betriebliches Gesundheitsmanagement auf kommunaler Ebene vorgestellt. Neben der herkömmlichen betriebsärztlichen und sicherheitstechnischen Versorgung der Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen wird ein umfangreiches Programm zur betrieblichen Gesundheitsförderung, der Eingliederung sowie der Prävention durchgeführt. Zur Verwaltung der Stadt Aachen und ihrer Eigenbetriebe zählen rund 4700 MA (2009). Es werden abgeschlossene und aktuelle Projekte vorgestellt unter Berücksichtigung von familienfreundlicher Gestaltung der Arbeitsplätze, psychischen Belastungen und demographischem Wandel. Die Herausforderung einer Gesunden Verwaltung insbesondere auch unter strengen Haushaltvorgaben wird aufgezeigt. Alle Maßnahmen, Kurse und Projekte werden evaluiert und auf Nachhaltigkeit überprüft.

**Schlüsselwörter:** Gesundheitsmanagement, Prävention, Evaluation.

## **1. Einleitung**

Gesundheit ist ein hohes Gut, dass insbesondere auch am Arbeitsplatz zu schützen, zu erhalten und gegebenenfalls zu verbessern ist. Ein modernes Gesundheitsmanagement enthält vielfältige Aufgaben und stellt uns vor immer neue Herausforderungen. Bereits seit 1978 wird bei der Stadt Aachen durch die Bestellung eines eigenen Betriebsarztes sowie eines Sicherheitsingenieurs der Arbeit- und Gesundheitsschutz konsequent gefördert. Nur ein paar Jahre später folgten ein eigener Schwerbehindertenbeauftragter und eine sozialpsychologische Mitarbeiterberatung. Von 2005 bis 2008 war eine Stabsstelle „Gesunde Verwaltung“ eingerichtet, die hauptsächlich für die Kursprogramme sowie Projektorganisation zuständig war.

## **2. Methode**

Seit 2008 wird ein neues Konzept verfolgt, in dem alle Akteure des Arbeitsschutzes, des Gesundheitsschutzes und der Mitarbeiterberatung in einem Fachbereich zusammengefügt worden sind.

Fundierte Kenntnisse der verschiedenen Arbeitsplätze, der Arbeitsabläufe, der Arbeitsumgebung, des Arbeitsklimas, technisches Wissen gewährleisten neben medizinischem Wissen eine gute Betreuung der Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen, aber auch des Führungspersonals und der Geschäfts- und Betriebsleitung, im kommunalen Bereich der Verwaltungsspitze.

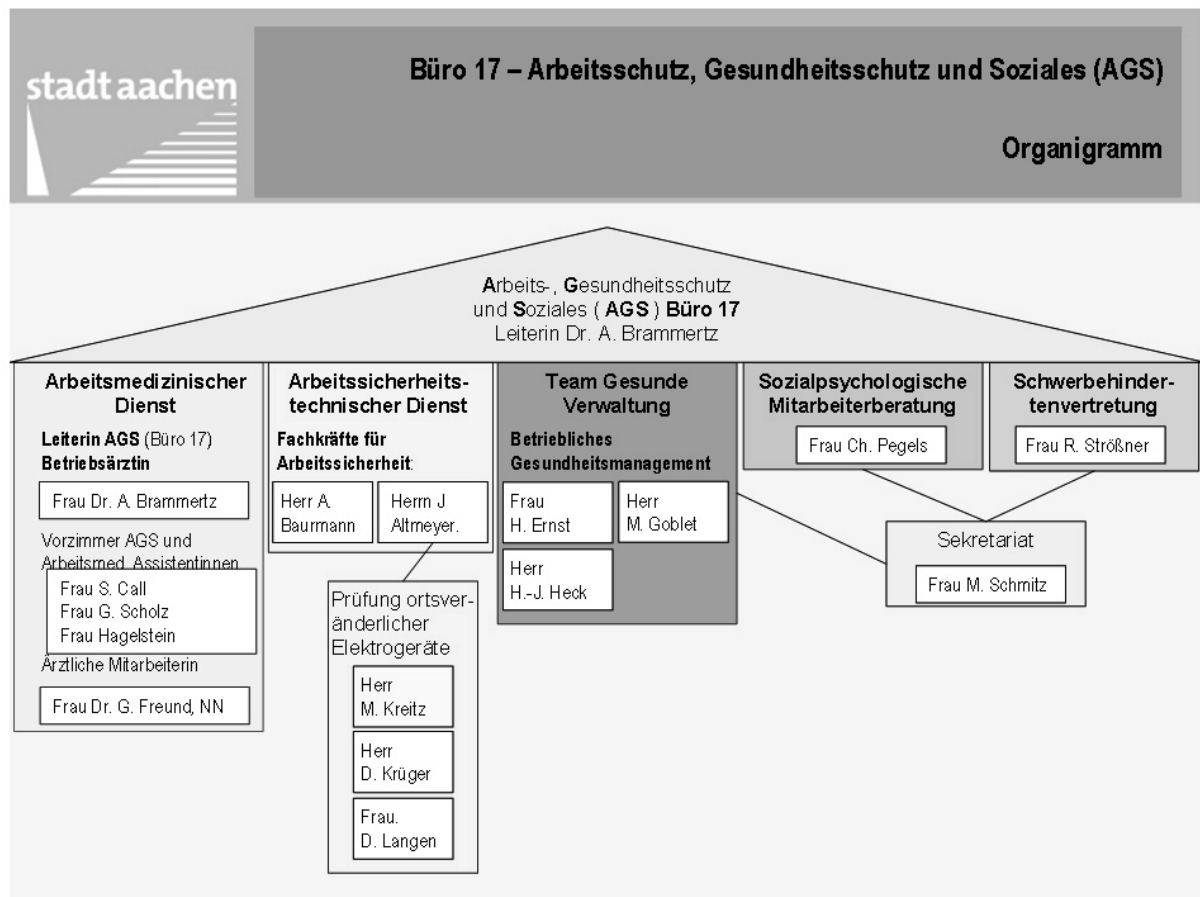
Neben der gerade in der heutigen Zeit immer bedeutsamer werdenden Motivation der Verwaltungsspitze, der verantwortlichen Vorgesetzten durch wirtschaftliche Vorteile gehört die Überzeugung / Motivation des Personalrates dazu.

Die Überzeugung / Motivation des einzelnen Mitarbeiters und Mitarbeiterin ist unverzichtbar.

Neben den objektivierbaren und damit messbaren Strukturen am Arbeitsplatz gewinnt zunehmend das Arbeitsklima nicht mehr nur in Form von Lärm, Licht, Luft an Bedeutung. Zwischen-menschliche Faktoren, psychische Belange und Bedürfnisse rücken in den Fokus.

Der unter anderem durch eine Arbeitsverdichtung hervorgerufene Stress wird meist nicht positiv erlebt, schafft möglicherweise Konflikte und Gesundheitsprobleme, die weit über Befindlichkeitsstörungen hinausgehen. Schlagworte sind hier „Mobbing“ oder „Burn out“. Viele MA leiden unter Konzentrationsstörungen, Schlafstörungen, Rückenschmerzen, Kopfschmerzen, Magenproblemen, die sie ursächlich mit dem Arbeitsplatz in Verbindung bringen.

Vorgesetzte können und sollen ein „gesundes“, gesund erhaltendes Betriebsklima durch ihre Art der Mitarbeiterführung steuern. Dies scheint selbstverständlich zu sein, doch in der Praxis finden sich sehr schnell Grenzen.



**Abbildung 1: Organigramm**

Im Rahmen der Unternehmensverantwortung wird vorausgesetzt, dass eine geeignete Arbeitsumgebung geschaffen wird und sich die Führungskraft um die MA kümmert. Auch hier gelingt es, durch ein modernes betriebliches Gesundheitsmanagement neue Wege aufzuweisen.

Basis eines solchen Managements ist eine Mitarbeiterbefragung, die anonym Auskünfte über mögliche betriebliche Problemfelder geben kann.

### 3. Ergebnisse

Im Bereich der Stadtverwaltung Aachen haben wir uns dafür entschieden, keine Befragung der gesamten Mitarbeiterschaft durchzuführen, um eine zeitnahe Auswertung zu gewährleisten und gegebenenfalls die Umsetzung von Veränderungsprozessen nicht unnötig zu verzögern.

Dies funktioniert auch umso reibungsloser, je mehr sich die Führungskraft mit den gemeinsamen Zielen identifizieren kann.

Um ein besseres Gesundheitsbewusstsein zu erreichen, haben wir begonnen, neben anderen zahlreichen Gesundheitskursen (von der Rückenschule bis zu Tai Chi und Qi Gong) Kurse zu „gesundem Führen“ durchzuführen. Ziel ist es, dass jede Führungskraft der Stadtverwaltung Aachen diesen Kurs besucht. Bis heute haben rund 76 % der in Frage kommenden Personen (Fachbereichsleiter und ihre Vertreter) das Kursprogramm durchlaufen. Nach den Evaluationen der bereits stattgefundenen Kurse wird der Kurs als sehr gut bewertet.

Auf Grund dieser Evaluation hat sich die Verwaltungsspitze dazu entschlossen, die Teilnahme allen Führungskräften zu ermöglichen.

Der Betriebliche Gesundheitsschutz (insbesondere als Aufgabe des Unternehmers) wird so fest in das Gesamtkonzept integriert und geht weit über den klassischen Bereich von betrieblichem Gesundheitsschutz wie die Themen: Gefährdungsbeurteilungen, Unfälle – Unfallverhütung, Erkrankungen – auch Berufs-krankheiten, Wiedereingliederungsmanagement, Demogra-phischer Wandel (Berücksichtigung von älteren und jugendlichen Arbeitnehmern und sogar Auszubildenden), familienfreundliche Stadt (Arbeitszeiten, Telearbeitsplätze) hinaus.

Die Ergebnisse werden anhand von Evaluationen überprüft, dabei wird u. a. auch die Arbeitszufriedenheit und eine mögliche Veränderung der Gesundheitskompetenz abgefragt.

Eine erhöhte Mitarbeitermotivation kann zu einem nicht unwesentlichen Maße Absentismus aber auch Präsentismus am Arbeitsplatz verhindern.

### 4. Literatur

1. Weber, A. & Hörmann, G. (Hrsg.) 2008, Psychosoziale Gesundheit im Beruf, 1. Auflage, 1. Nachdruck. Stuttgart: Genter Verlag.
2. Letzel, S. & Nowack D. (Hrsg.) 2009, Handbuch der Arbeitsmedizin, Loseblattsammlung. Landsberg: ecomed Medizin Verlagsgruppe.
3. Hofmann F. & Kralj, N. (Hrsg.) 2009, Handbuch Betriebsärztlicher Dienst, Loseblattsammlung. Landsberg: ecomed Medizin Verlagsgruppe.
4. die BG 2009, Schwerpunktthema Gesundheit und Arbeitsfähigkeit, 121. Jahrgang.



## **Projekt BiG** **(Benchmarking in einem Gesundheitsnetzwerk):** **Gestaltung eines nachhaltigen Gesundheitsmanagements** **und dessen Auswirkung auf die Wettbewerbsfähigkeit von** **Unternehmen**

Veronika BÜCH, Eva Maria SCHRAUB, Ralf STEGMAIER und Karlheinz SONNTAG

*Abteilung Arbeits- und Organisationspsychologie, Universität Heidelberg,  
Hauptstraße 47-51, D-69117 Heidelberg*

**Kurzfassung:** Im Projekt BiG (Benchmarking in einem Gesundheitsnetzwerk) sollte aufgezeigt werden, wie ein nachhaltiges Gesundheitsmanagement abgebildet und gestaltet werden kann und in welcher Weise es sich auf die Arbeitsfähigkeit der Beschäftigten und die Wettbewerbs- und Innovationsfähigkeit von Unternehmen auswirkt. In einem ersten Schritt wurde das Modell eines nachhaltigen Gesundheitsmanagements aus theoretischen und empirischen Erkenntnissen abgeleitet. Dieses Modell war die Basis für umfangreiche Mitarbeiterbefragungen. Durch diese konnte ein Gesundheitsindex erstellt werden, der es möglich macht, Unternehmen hinsichtlich ihres Gesundheitsmanagements zu vergleichen und Handlungspotentiale aufzuzeigen. Um entsprechende Interventionen durchführen zu können, wurde ein alters- und genderspezifisches Gestaltungsmodell entwickelt, das Empfehlungen für spezifische Maßnahmen enthält. Durch die Befragungen konnte weiterhin ein Zusammenhang zwischen den Dimensionen des Modells einerseits sowie der Gesundheit der Mitarbeiter und ökonomischen Kennzahlen andererseits gezeigt werden. Dies verdeutlicht die wichtige Rolle eines nachhaltigen Gesundheitsmanagements im Unternehmen.

**Schlüsselwörter:** Gesundheitsmanagement, Gesundheit, Intervention, Wettbewerbsfähigkeit.

### **1. Einleitung**

Für die Zukunft benötigen die Entscheidungsträger in Wirtschaft und Politik Nachweise für die Wirtschaftlichkeit eines organisierten Arbeits- und Gesundheitsschutzes im Sinne eines ganzheitlichen und nachhaltigen Gesundheitsmanagements (Schraub et al. 2008). Dazu müssen Kriterien und Instrumente zur Beurteilung erarbeitet und in praktikable Konzeptionen umgesetzt werden. An diesem Punkt setzt das Projekt Benchmarking in einem Gesundheitsnetzwerk – kurz BiG – an.

Das Projekt BiG wurde in Kooperation zwischen dem Bereich Health & Safety der Daimler AG und der Abteilung Arbeits- und Organisationspsychologie der Universität Heidelberg vom 01. April 2006 bis zum 30. November 2009 bearbeitet. Es ist Bestandteil der Förderung des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF), Projektträger ist das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR).

Ziel des Projekts BiG war es aufzuzeigen, wie ein nachhaltiges Gesundheitsmanagement abgebildet und gestaltet werden kann und in welcher Weise es sich auf

die Arbeitsfähigkeit der Beschäftigten und die Wettbewerbs- und Innovationsfähigkeit von Unternehmen auswirkt.

## 2. Modell eines nachhaltigen Gesundheitsmanagements

In einem ersten Schritt wurde im Projekt BiG aus theoretischen und empirischen Erkenntnissen ein Rahmenmodell, das Modell eines nachhaltigen Gesundheitsmanagements, abgeleitet (siehe Abbildung 1; vgl. Büch et al. 2009). Dieses wurde durch verschiedene Messinstrumente (Fragebögen für Mitarbeiter und Experten des Gesundheitsmanagements wie z.B. Werksärzte, Kennzahlenleitfäden zur Erhebung von ökonomischen Kennzahlen) abgebildet, die zur Datenerhebung bei fünf am Projekt teilnehmenden Unternehmen dienten. Durch die Erhebung wurde es möglich, die Partnerunternehmen bezüglich der Positionierung ihres Gesundheitsmanagements zu vergleichen (Benchmarking) und Interventionen im Gesundheitsmanagement abzuleiten sowie das Modell eines nachhaltigen Gesundheitsmanagements zu evaluieren.

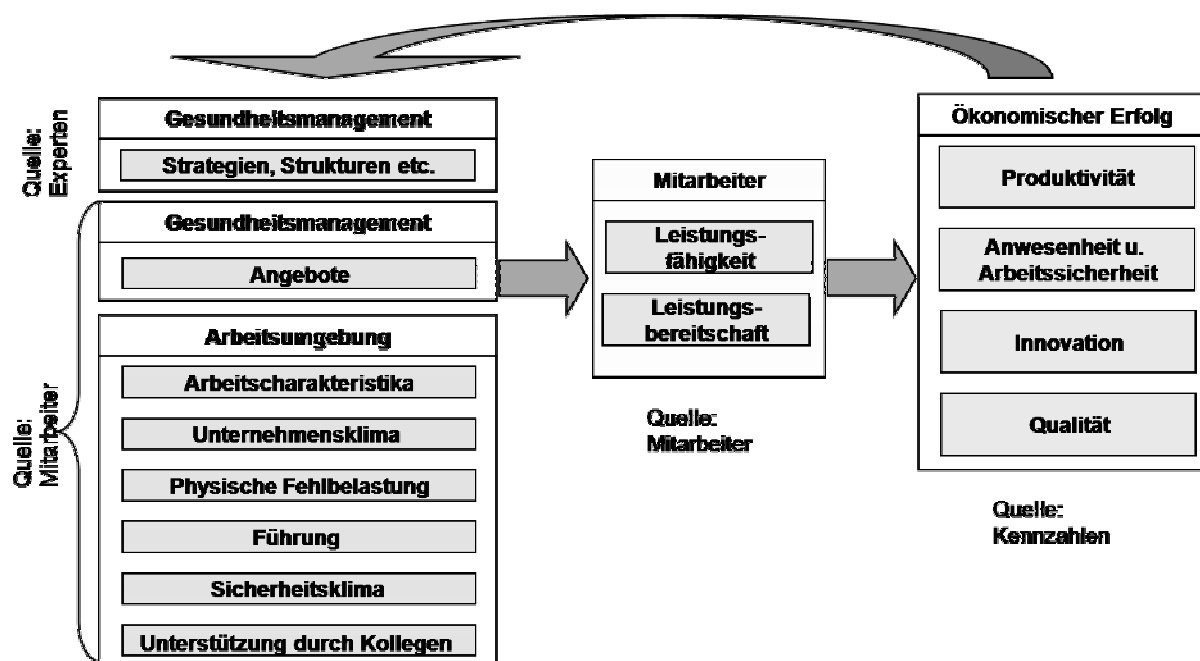


Abbildung 1: Modell eines nachhaltigen Gesundheitsmanagements

## 3. Gesundheitsindex

Ein weiteres Ziel des Projekts war die Abbildung eines nachhaltigen Gesundheitsmanagements in einer Kennzahl. Aufbauend auf den Ergebnissen der Mitarbeiterbefragung erfolgte die Berechnung eines Gesundheitsindex (GI).

Der GI umfasst in aggregierter Form die Dimensionen des Gesundheitsmanagements und der Arbeitsumgebung aus dem Modell eines nachhaltigen Gesundheitsmanagements. Diese wurde an der Dimension, mit der die Mitarbeiter ihre Gesundheit beschreiben (Leistungsfähigkeit), gewichtet. Somit gehen die Dimensionen, die stärker mit Gesundheit zusammenhängen, stärker in den Index ein.

Der GI stellt somit eine Größe dar, mit der das Gesundheitsmanagement eines



Unternehmens beurteilt und im Sinne eines Benchmarkings zwischen Unternehmen oder einzelnen Unternehmenseinheiten verglichen werden kann. Der Index kann aber auch in die einzelnen Dimensionen aufgegliedert werden und somit anhand eines Profils Auskunft über konkrete Handlungsfelder geben.

Der GI wird durch die Expertensicht des Gesundheitsmanagements ergänzt. Somit wird es möglich, relevante Dimensionen eines nachhaltigen Gesundheitsmanagements nicht nur aus Mitarbeitersicht zu beurteilen, sondern auch die Sicht von Experten wie dem Werksarzt einzubeziehen.

#### **4. Alters- und genderspezifisches Gestaltungsmodell**

Aus den Dimensionen des Modells eines nachhaltigen Gesundheitsmanagements wurde ein alters- und genderspezifisches Gestaltungsmodell abgeleitet. Das Gestaltungsmodell macht deutlich, welche Dimensionen zu berücksichtigen sind, um ein nachhaltiges Gesundheitsmanagement zu gestalten bzw. um die Leistungsfähigkeit und Leistungsbereitschaft der Mitarbeiter zu erhalten und zu erhöhen. Ebenso wird durch das Gestaltungsmodell ersichtlich, wie die Dimensionen des GI durch Interventionen verbessert werden können. Dabei wird explizit darauf eingegangen, wie man altersspezifische Themen oder solche, die Geschlechtsunterschiede am Arbeitsplatz betreffen, im Zusammenhang mit dem Gesundheitsmanagement behandeln kann.

#### **5. Wirkung eines nachhaltigen Gesundheitsmanagements**

Des Weiteren konnten Zusammenhänge zwischen GI und ökonomischen Kennzahlen berechnet werden, um den ökonomischen Nutzen des Gesundheitsmanagements aufzuzeigen.

Basierend auf einer Stichprobe von ca. 2000 Mitarbeitern der am Projekt teilnehmenden Benchmarkingpartner zeigte sich, dass die im Projekt BiG entwickelten und validierten GI Dimensionen (Gesundheitsmanagement, Arbeitscharakteristika, Unternehmensklima, physische Fehlbelastung, Führung, Sicherheitsklima, Unterstützung durch Kollegen) in engem Zusammenhang mit den im Projekt BiG erhobenen subjektiven Leistungsvariablen der Mitarbeiter (Leistungsfähigkeit und -bereitschaft) stehen und damit als wichtige Prädiktoren für Mitarbeiterleistung in Unternehmen angesehen werden können.

Um den Zusammenhang des GI auf den ökonomischen Erfolg zu bemessen, wurden auch ökonomische Kennzahlen erfasst (z.B. Produktivität, Krankenstand, Anzahl der Arbeitsunfälle). So zeigten Teams, die einen niedrigen GI aufwiesen, im Schnitt mehr Arbeitsunfälle und einen höheren Krankenstand auf als Teams mit einem mittleren oder hohen GI. Dagegen zeigten Teams, die einen hohen GI aufwiesen, im Schnitt eine höhere Produktivität als Teams mit einem mittleren oder niedrigen GI.

#### **6. Fazit**

Eine Förderung der GI-Dimensionen durch systematische Interventionen, beispielsweise im Bereich der Führung, sollte demnach sowohl zu einer Verbesserung der Mitarbeitergesundheit, als auch zu einer Verbesserung der ökonomischen Kennzahlen eines Unternehmens führen. Die Befunde untermauern damit die Notwendig-

keit und die Wichtigkeit eines nachhaltigen Gesundheitsmanagements für den Erfolg von Unternehmen.

## 7. Literatur

1. Büch, V., Schraub, E.M., Michaelis, B., Stegmaier, R. & Sonntag, Kh. 2009, Benchmarking in einem Gesundheitsnetzwerk. Projekt BiG. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg.), Arbeit, Beschäftigungsfähigkeit und Produktivität im 21. Jahrhundert. Dortmund: GfA-Press, S. 517-520.
2. Schraub, E.M., Stegmaier, R., Sonntag, Kh., Büch, V., Michaelis, B. & Spellenberg, U. 2008, Bestimmung des ökonomischen Nutzens eines ganzheitlichen Gesundheitsmanagements. In: B. Badura, H. Schröder & C. Vetter (Hrsg.), Fehlzeiten-Report 2008. Betriebliches Gesundheitsmanagement: Kosten und Nutzen. Heidelberg: Springer, S. 101-110.

## Arbeitssicherheit und Gesundheit im Unternehmen - Selbstbewertung und Benchmarking

Martin SCHMAUDER<sup>1</sup>, Gritt OTT<sup>1</sup> und Hanka HOFFMANN<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Zentrum für Produktionstechnik und Organisation, Technische Universität Dresden, Helmholtzstr. 10, D-01062 Dresden*

<sup>2</sup> *Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Proschübelstr. 8, D-01099 Dresden*

**Kurzfassung:** Durch die zukünftig größeren Entscheidungsspielräume und die wachsende Variabilität von betrieblichen Anpassungsmöglichkeiten in Arbeitsschutz und Gesundheitsförderung steigen die Anforderungen an alle Beteiligten hinsichtlich der Verantwortung, des Wissens und der Einstellung zum AGS. Damit verlieren allgemeine Normen ihre Gültigkeit und es wird notwendig, AGS-Maßstäbe durch Vergleiche zwischen Betrieben zu entwickeln und dabei ihre Besonderheiten zu berücksichtigen.

**Schlüsselwörter:** Arbeitssicherheit, Gesundheit, Benchmarking.

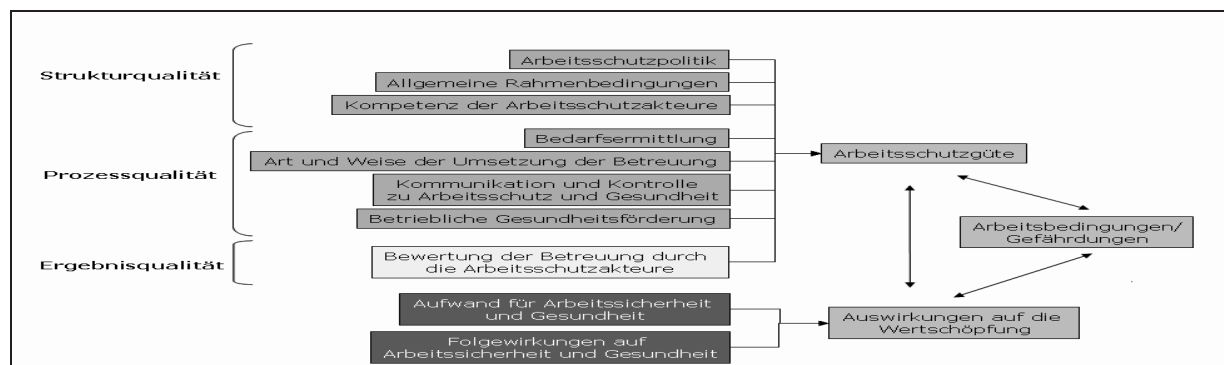
### 1. Benchmarking als Methode für kontinuierliche Verbesserungsprozesse

Benchmarking dient zur Standortbestimmung des eigenen Unternehmens bzw. der eigenen Organisation im Vergleich zu anderen. Vom Benchmarking werden Beiträge zur Strategieentwicklung und zur Leistungsverbesserung erwartet. Der Grundgedanke von Benchmarking kann auf die einfache Formel „Lernen von den Besten durch Vergleichen“ gebracht werden. Die Anwendung von Benchmarking auf Arbeitssicherheit und Gesundheit bietet sich aus verschiedenen Gründen an. Klassische Instrumentarien wie Budgetierung und Soll-Ist-Vergleiche erweisen sich häufig als zu starr. Die Orientierung auf reine Ergebniskennzahlen wie z. B. Kostensenkung kann nur wenig zu Verbesserungsprozessen beitragen. Erforderlich sind vielmehr Aussagen zu den verursachenden Faktoren bzw. beeinflussenden Rahmenbedingungen, um tatsächlich positiv wirksame Maßnahmen einleiten zu können. Hier kommt auch hinzu, die Entwicklung dieser Faktoren und Rahmenbedingungen über die Zeit beobachten zu können, was sich in Monitoringprozessen niederschlägt.

### 2. Das PAGS-Selbstbewertungstool

Das Selbstbewertungstool wurde von 2006 – 2009 im Rahmen des vom BMBF innerhalb des Förderschwerpunkts „Präventiver Arbeits- und Gesundheitsschutz“ geförderten Projektes PAGSmonitor: „Ökonomischer Arbeitsschutz durch Benchmarking“ durch mehrere Institute der TU Dresden gemeinsam entwickelt. Auf Grundlage empirischer Untersuchungen in produzierenden Unternehmen und Befragung von Betriebsärzten und Fachkräften für Arbeitssicherheit wurden die Benchmarks und die untersetzenden Parameter und Indikatoren entwickelt. Ziel des Benchmarkings ist die Initiierung einer Diskussion in den Unternehmen zu monetären und nichtmonetären Wirkungen von Arbeitsschutz und Gesundheitsförderung. Außerdem liefert das Tool den Unternehmen Orientierung, indem sie die Gelegenheit erhalten, die Situati-

on von Arbeitssicherheit und Gesundheit im eigenen Betrieb einzuschätzen und sich anonym mit anderen Unternehmen zu vergleichen. Gegenstand der Einschätzung sind die Strukturen sowie die Abläufe zur Umsetzung von Arbeitssicherheit und Gesundheitsförderung im Unternehmen. Diese werden in Beziehung gesetzt zu den betrieblichen monetären Aufwendungen für den Arbeitsschutz, den Folgekosten von Arbeitsunfällen, Krankheiten, Arbeitsausfall usw. sowie den Arbeitsbedingungen und existierenden Gefährdungen. Die Struktur der Benchmarks des PAGS-Selbstbewertungstools zeigt Abbildung 1. Die Benchmarks sind für die Erfassung in Fragen bzw. Aussagen operationalisiert worden.



**Abbildung 1:** Strukturmodell des Selbstbewertungstools

Das PAGS-Selbstbewertungstool wird im Internet unter der Adresse <http://pags-monitor.cimtt.de> angeboten. Nach einer kostenlosen Registrierung kann sofort die Selbstbewertung des Unternehmens erfolgen (vgl. Abbildung 2). Auswertung und Benchmarking erfolgen anonym. Erfolgreiche Unternehmen werden angefragt, ob sie einer Veröffentlichung ihrer Kontaktdaten zustimmen.

**Ökonomischer Arbeitsschutz durch Benchmarking**  
Selbstbewertungstool zum Präventiven Arbeits- und Gesundheitsschutz (PAGS)

Login Forum Nutzungsbedingungen Handhabung Kontakt Impressum

Dieses Online-Selbstbewertungssystem ermittelt durch Vergleich den Stand des Unternehmens im Hinblick auf Arbeitssicherheit und Gesundheit. Günstig ist es, wenn Geschäftsleitung, Fachkraft für Arbeitssicherheit, Betriebsarzt und Controller in Teamarbeit die Fragen beantworten. Dieses kann zum Beispiel im Rahmen einer Sitzung des Arbeitsschutzausschusses (ASA) erfolgen.

Als registrierter Nutzer haben Sie neben dem Vergleich mit anderen Unternehmen auch die Möglichkeit zum Vergleich mit Ihren eigenen Daten einer zurückliegenden Bewertung. Wir empfehlen eine etwa jährliche Anwendung des Selbstbewertungstools

**Login**  
Email:   
Passwort:  **Einloggen**

Sie haben noch keinen Login?  
Bitte nutzen Sie unser [Anmeldeformular](#) für Ihre Registrierung.  
Sie erhalten einen Zugang per Email. **Anmeldeformular**

Dieses Projekt wird gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung, Projektträger Arbeitsgestaltung und Dienstleistung

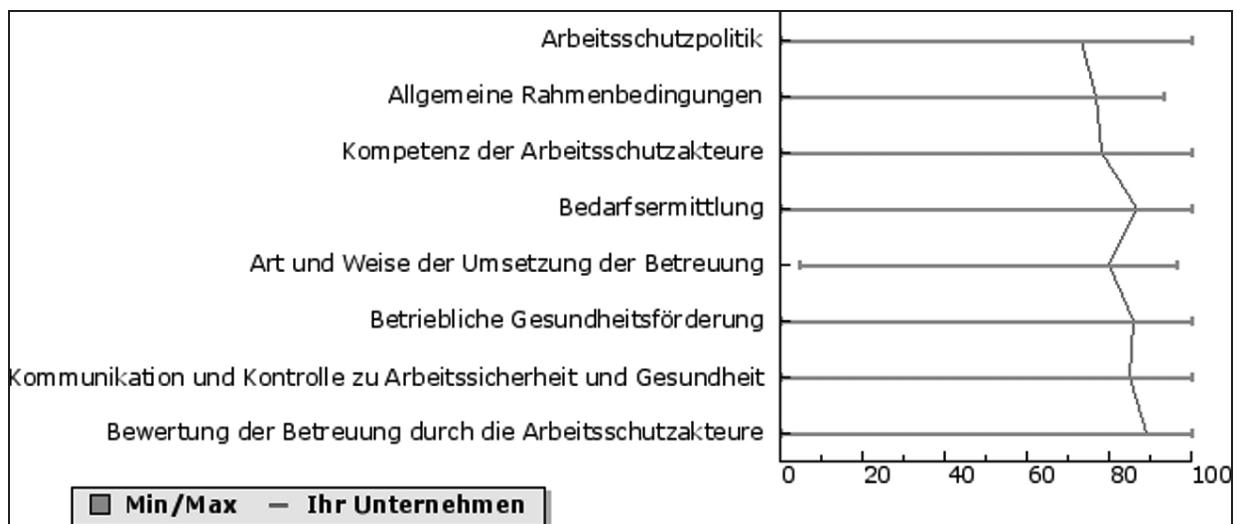
Bundesministerium für Bildung und Forschung DLR Förderschwerpunkt Präventiver Arbeits- und Gesundheitsschutz

**Abbildung 2:** Login-Seite des Selbstbewertungstools

Zur Selbstbewertung bzw. zum Benchmarking wird empfohlen, dass Geschäftsführung, Betriebsärztin bzw. Betriebsarzt sowie die Fachkräfte für Arbeitssicherheit

zusammenarbeiten, wobei die Hinzuziehung von Vertreter/innen der Belegschaft zum Ausfüllen zusätzlich Vorteile hat. Die Notwendigkeit der Teamarbeit folgt einerseits daraus, dass eine Person selten über alle vorhandenen Informationen verfügt und zum anderen der Bewertungsprozess als Gelegenheit genutzt werden sollte, gemeinsam Bilanz zum PAGS zu ziehen und dabei Defizite zur Sprache zu bringen. Das Benchmarking stellt ein sogenanntes Ergebnis-Benchmarking dar, das einzuschätzen hilft, mit welcher Organisation ein „Abgucken“ sinnvoll wäre. Es wird zwischen verschiedenen Unternehmen oder auch Unternehmensteilen durchgeführt, unabhängig von Branche und Unternehmensgröße. Im Ergebnis werden Handlungsschwerpunkte im Vergleich mit anderen Unternehmen und in Bezug auf potenziell verletzte Vorschriften und Regelungen aufgezeigt. Dies basiert auf der Bestimmung qualitativer und quantitativer Unterschiede zwischen den Unternehmen (vgl. Abbildung 3). Durch das Selbstbewertungstool erhalten Unternehmen entsprechend Hinweise,

- ob Verbesserungsbedarf besteht,
- in welchen Bereichen Veränderungen vorrangig sind und
- welche Unternehmen als Vorbilder in Frage kommen.



**Abbildung 3:** Benchmarking der Arbeitsschutzgüte (Profildarstellung)

Nach der Eingabe der unternehmensspezifischen Daten stehen den Unternehmen folgenden Auswertungen zur Verfügung:

- Vergleich der Arbeitsschutzgüte des Unternehmens zu verschiedenen Bewertungszeitpunkten.
- Hinweise auf möglicherweise verletzte gesetzliche Vorschriften und Regelungen.
- konkrete Hinweise auf Verbesserungsmöglichkeiten in Abhängigkeit von den Bewertungsergebnissen.
- Quantifizierung der Auswirkungen von Arbeitsschutzgüte auf die Wertschöpfung des Unternehmens.
- Vergleich der Arbeitsschutzgüte und der monetären Folgewirkungen von Arbeitssicherheit und Gesundheit mit denen anderer Unternehmen.
- Benchmarking bezüglich des Verhältnisses des monetären Aufwands zum erreichten Stand von Arbeitssicherheit und Gesundheit.





# **Gestufte Verbreitungsstrategien am Beispiel der Integration von Tabakprävention in ein umfassendes betriebliches Gesundheitsmanagement**

Susanne HOFFMANN, Verena A. FRIEDRICH, Adrian BRÜGGER,  
Katharina LEHMANN und Georg F. BAUER

*Abteilung „Public and Organizational Health“, Universität Zürich und ETH Zürich,  
Hirschengraben 84, CH-8001 Zürich*

**Kurzfassung:** In einer Forschungs-Beratungskooperation wurden verschiedene Strategien zur Integration der Tabakprävention in das BGM und zur anschließenden Verbreitung in Betrieben des Kantons Zürich getestet. Eine Befragung zum Stand der Zielgruppe bezüglich Tabakprävention ermöglicht ein Ressourcen schonendes und gezieltes Vorgehen bei der Informationsvermittlung und der Beratung der Betriebe.

**Schlüsselwörter:** Betriebliches Gesundheitsmanagement, Tabakprävention, Implementierungsforschung, Dissemination.

## **1. Einleitung**

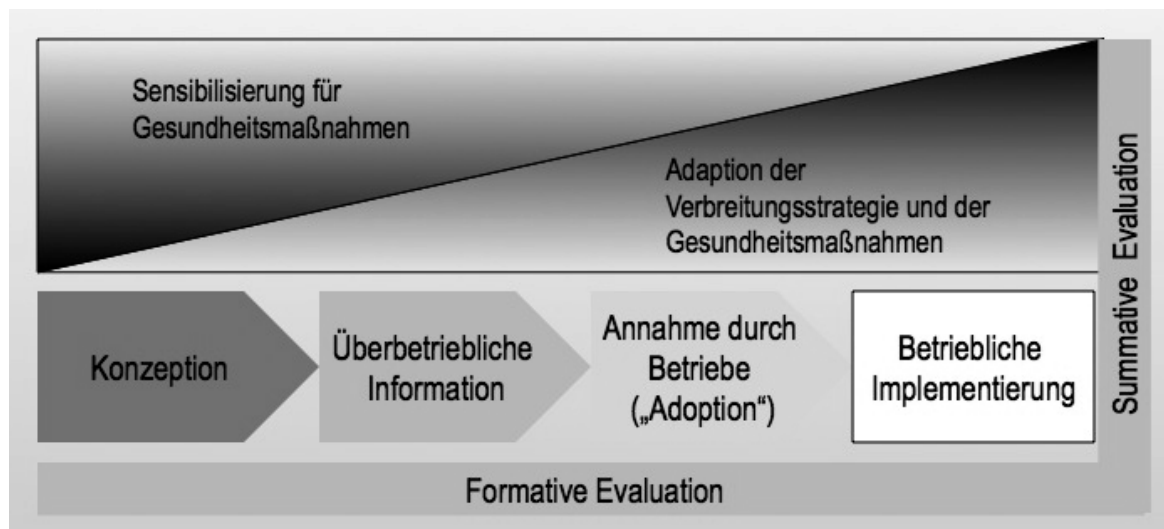
Sowohl betriebliche Tabakprävention (TP) als auch der breitere Ansatz des Betrieblichen Gesundheitsmanagements (BGM) haben noch wenig Verbreitung in Betrieben gefunden (Friedrich et al. 2009; Bauer & Jenny in Press). Ziel eines vom Schweizer Tabakpräventionsfond geförderten Projekts war es daher, sowohl die Verbreitung als auch den Impact von Tabakprävention in Betrieben zu erhöhen, indem TP in den breiteren Ansatz des Betrieblichen Gesundheitsmanagements integriert wird.

In einer Forschungs-Beratungskooperation wurden dazu auf überbetrieblicher Ebene im Kanton Zürich verschiedene Strategien zur Integration der Tabakprävention in das BGM und zur anschließenden Verbreitung in Betrieben des Kantons Zürich entwickelt und getestet. Diese Forschungs-Beratungskooperation bestand aus dem Beratungszentrum BGM-Zürich, das als Akteur in der betrieblichen Gesundheitsförderung die Umsetzung gesundheitsförderlicher Maßnahmen in Betrieben unterstützt, und der Forschungsgruppe BGM, die den Unterstützungs- und Beratungsprozess begleitend beforscht. Im folgenden Beitrag werden das gemeinsam erarbeitete Verfahren der gestuften Verbreitung sowie erste Ergebnisse der Evaluation vorgestellt.

## **2. Hintergrund und Methode**

Akteure der betrieblichen Gesundheitsförderung stehen bei der Umsetzung von Gesundheitsmaßnahmen vor zwei Herausforderungen: Zunächst müssen Unternehmen für die Einführung gewonnen werden. Anschließend müssen Gesundheitsmaßnahmen innerhalb der Unternehmen nachhaltig implementiert werden. Beide Phasen bedürfen sowohl der Sensibilisierung als auch der Adaption an Rahmenbedingungen – auf überbetrieblicher, betrieblicher und individueller Ebene. Je weiter die Phasen fortschreiten, desto mehr Informationen werden für die Verbreitung, die Beratung

aber auch für die Anpassung der Gesundheitsmaßnahmen benötigt. Die Interaktion zwischen Akteuren der betrieblichen GF und Betrieben wird intensiver. Die Grundsensibilisierung für das Thema kann daher abnehmen (vgl. Abbildung 1).



**Abbildung 1:** Grundlagen für eine gestufte Verbreitungsstrategie

Vor diesem Hintergrund wurde die Strategie der schrittweisen Verbreitung entwickelt. Sie stützt sich auf die „Stages of Change“ in Prochaskas Transtheoretischen Modell der Veränderung (Bauer 2007; Prochaska 2000) ab. Die Evaluation unserer Strategie erfolgte nach den RE-AIM-Dimensionen (Reach, Efficacy, Adoption, Implementation, Maintenance; Glasgow et al. 1999).

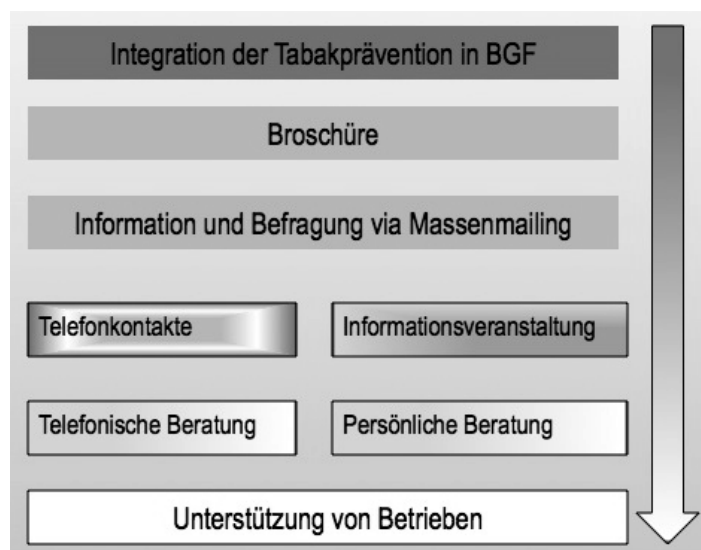
## 2.1 Gestufte Implementierungsstrategie

Zunächst wurde Tabakprävention konzeptuell in einen systematischen Ablauf des BGM eingearbeitet und in Form von Leitfäden und Materialien zur integrierten Tabakprävention aufbereitet. Anschließend wurden alle Zürcher Betriebe mit mehr als 20 Mitarbeitenden (N=4'706) mittels einer Broschüre über integrierte TP informiert und zeitgleich via Fragebogen (Baseline-Befragung) zum aktuellen Stand der betrieblichen TP und zum BGM befragt. Zusätzlich wurde die Nachfrage nach Unterstützungsleistungen zur Tabakprävention und zur betrieblichen Gesundheitsförderung seitens des Beratungszentrums erhoben. Diese Daten dienen zum einen der überbetrieblichen Bestandsaufnahme und zum anderen einer Differenzierung unterschiedlicher Zielgruppen. Aus den Befragungsergebnissen wurden Kriterien abgeleitet, die der Zielgruppenspezifikation dienen, z. B. Betriebsgröße, Zusammensetzung der Belegschaft, berichtete Probleme mit Passivrauch, der Handlungsbedarf und Handlungsbereitschaft der Betriebe. Daraus abgeleitet, folgten unterschiedliche Sensibilisierungs- und Informationsstrategien für ausgewählte Betriebe und Subgruppen, die schließlich zu Unterstützungsmaßnahmen bei der Umsetzung von TP für Betriebe führten (Abbildung 2).

## 2.2 Evaluation der Verbreitungsstrategie

Die Befragungsergebnisse der Baseline-Befragung dienen auch als Bewertungs- und Erfolgskriterien für die summative Evaluation der Verbreitungsstrategie. Eine abschließende Follow-up-Befragung erlaubte sowohl Längsschnitt- als auch Quer-

schnittsauswertungen zur Veränderung der betrieblichen Tabakprävention in den teilnehmenden Unternehmen.



**Abbildung 2:** Gestufte Verbreitungsstrategie am Beispiel der integrierten Tabakprävention in ein umfassendes Betriebliches Gesundheitsmanagement

Die formative Evaluation der Verbreitungsstrategie erfolgte zeitnah an den jeweiligen Phasen der Verbreitung, um die für die Intervenierenden relevanten Fragestellungen anhand der RE-AIM-Dimensionen zu beantworten. Es kamen vorrangig qualitative Methoden bei ausgewählten Stichproben zur Anwendung:

- Broschüre: Interviews mit Unternehmensvertretern und Projektpartnern (n=14) zur Qualität der Konzeption, Textverständlichkeit;
- Informationsveranstaltungen: Interviews mit ursprünglich interessierten Unternehmensvertretern (n=11) zu möglichen Ursachen der geringen Teilnehmerrate;
- Telefonkontakte: Protokollierung der Resultate in einer Datenbank durch Interventionsteams;
- Telefonische und persönliche Beratung: Interviews mit Unternehmensvertretern (n=27) zur Beratungsqualität und Protokollierung der Resultate in einer Datenbank durch Interventionsteams.

### 3. Ergebnisse

1'648 der 4'706 angeschriebenen Unternehmensvertreter beantworteten den Fragebogen (Rücklaufquote 36.5%), von den zurückgesandten Fragebögen waren 1'627 auswertbar. Nur wenige Betriebe bieten individuelle Unterstützungsmassnahmen, z. B. Rauchstopp-Kurse (7,6%), an.

#### 3.1 Ergebnisse zur Nachfrage nach betrieblicher Tabakprävention

Insgesamt äusserten 450 Unternehmensvertreter (27.5%) Interesse an einer Dienstleistung des Beratungszentrums BGM-Zürich, wobei das Thema BGM bei 327 Betrieben auf Interesse stiess. Nach Rauchstopp-Kursen fragten 190 Unternehmen

und nach Unterstützung bei der Einführung/Einhaltung des rauchfreien Betriebes fragten 115 Unternehmen. Nur 10% der Unternehmen wünschten die Teilnahme an einer Informationsveranstaltung und 6% ein persönliches Beratungsgespräch.

### *3.2 Ergebnisse zur Evaluation der Verbreitungsstrategie*

Innerhalb der Gesamtstrategie erwiesen sich die einzelnen Verbreitungsschritte als unterschiedlich erfolgreich. Die Informationsveranstaltungen stießen auf wenig Resonanz (Teilnahme 26 von 947 angeschriebenen Betrieben). Stattdessen wurde vermehrt auf telefonische und persönliche Beratungen vor Ort gesetzt, wobei sich sowohl die Auswahl der Betriebe als auch der Beratungsprozess auf die Befragungsergebnisse abstützten. Telefonische Beratungen führten eher zu einer Einstellungsänderung, persönlichen Beratungen erfolgten betriebspezifischer und vermittelten eher Wissen zur innerbetrieblichen Implementierung. Das Beratungsgespräch löste in drei Betrieben konkrete Maßnahmen aus: eine BGM-Prozessbegleitung, eine intensivierte Informationsweitergabe sowie eine Zukunftswerkstatt. Die summative Evaluation zeigte auch: Persönlichere und intensivere Beratungen waren mit einer Stufenerhöhung innerhalb der „Stages of Change“ aber auch mit der Vergrößerung des Angebots an individuellen Unterstützungsmaßnahmen (z. B. Rauchstoppkurse) verbunden.

## **4. Diskussion**

Ein gestuftes Verbreitungsverfahren ermöglicht die Anpassung der jeweiligen Projektstrategie an die Bedingungen in der Praxis. Es konnte gezeigt werden, dass eine Befragung zum Stand der Zielgruppe bezüglich TP und BGM ein gezieltes Vorgehen bei der Auswahl und der Beratung der Betriebe erlaubt. Die gestufte Verbreitungsstrategie mit der begleitenden Evaluation erlaubte ein zielgerichtetes Vorgehen sowie eine datenbasierte Anpassung der Projektstrategie.

## **5. Literatur**

1. Bauer, G. 2007, Dissemination of Worksite Health Promotion: Applying the Transtheoretical Model of Change to the Organisational Level [oral presentation], Paper presented at the 19th IUHPE World Conference on Health Promotion & Health Education; 2007 June 10-15; Vancouver.
2. Bauer, G. & Jenny, G. in Press. Anspruch und Wirklichkeit: Zum aktuellen Stand der betrieblichen Gesundheitsförderung. In: G. Faller (Ed.), Lehrbuch BGM.
3. Friedrich, V., Brügger, A. & Bauer, G. 2009, Worksite Tobacco Prevention in the Canton of Zurich: Stages of change, predictors and outcome, International Journal of Public Health, 54, 427-438.
4. Glasgow, R.E., Vogt, T.M. & Boles, S.M. 1999, Evaluating the public health impact of health promotion interventions: the RE-AIM framework, American Journal of Public Health, 89, 1322-1327.
5. Prochaska, J.M. 2000, A Transtheoretical Model for Assessing Organizational Change: A Study of Family Service Agencies' Movement to Time-Limited Therapy, Families in Society: The Journal of Contemporary Human Services, 81, 76-84.

# Workflow-Management im Krankenhaus: Neue Lösungsansätze zur Analyse der Mensch-Maschine-Interaktion

Stefan PFEFFER und Thomas MAIER

*Institut für Konstruktionstechnik und Technisches Design (IKTD),  
Forschungs- und Lehrgebiet Technisches Design,  
Universität Stuttgart, Pfaffenwaldring 9, D-70569 Stuttgart*

**Kurzfassung:** Im modernen Krankenhaus treffen Strukturen aus dem 19. Jahrhundert auf die technischen, informationstechnologischen und elektrotechnischen Neuerungen des 20. und 21. Jahrhunderts, die – oft in Form suboptimaler „Insellösungen“ auf einer letztlich veralteten weil nie hinterfragten Strukturplattform aufgeladen, nie aber sinnvoll unter wissenschaftlichen Gesichtspunkten integriert wurden. Mit Hilfe eines neuen Lösungsansatzes zur Analyse der Mensch-Maschine-Interaktion sollen die Prozesse, Schnittstellen und Mensch-Technik-Interaktionen im klinischen Bereich untersucht werden und über mittel- und langfristige Optimierungsmaßnahmen zu einer Effizienz- und Qualitätssteigerung führen. Dabei wird das Mensch-Technik-System bzgl. des Workflows und des Bitflows untersucht und bewertet.

**Schlüsselwörter:** Workflow, Bitflow, Mensch-Maschine-Interaktion, Kognitive Ergonomie.

## 1. Einleitung

In den öffentlichen Medien können immer wieder Diskussionen verfolgt werden, bei denen geschädigte Patienten über mangelnde Behandlungsqualität in Krankenhäusern klagen. Des Öfteren ist hierbei von „Ärztepfusch“ die Rede, wobei auf diese Art der „Ursachenforschung“ der Fehler auf den Menschen zurückgeführt wird. Dieser steht jedoch lediglich am Ende eines Gesamtprozesses, der unzureichend beherrscht wird und somit nicht genügend Qualität aufweist.

Als Kernbereich dieser Problematik und primärer Potentialträger für Prozessoptimierungen wird der „Workflow durch den OP“ gesehen (Guggenberger 2009). Zu viele Subsysteme im OP-Bereich und Probleme bei der interaktiven Vernetzung von Menschen und Maschinen ergeben viele Schnittstellen und Brüche in den OP-Prozessen. Hinzu kommt zumeist ein hoher Handlings- und Dokumentationsaufwand, der zu Asymmetrien in der Informationsstruktur führt.

Grundvoraussetzung für eine Verbesserung der Prozessabläufe in Krankenhäusern ist die Transparenz über die vorherrschenden Patientenpfade und den damit verbundenen Informations- und Interaktionsflüssen. Um Effekte wie Effizienzsteigerung und Fehlerreduzierung erreichen zu können, muss die Ist-Situation des Workflows über die prä-, intra- und postoperativen Phasen hinweg dezidiert erfasst und analysiert werden. Bisherige Analysen des Workflows in diesem Bereich verfolgen das Ziel der Ablaufoptimierung durch Transparenz der Prozesse im Makrobereich. Hierbei werden zumeist durch die zeitliche Erfassung der einzelnen Phasen ineffiziente Teilprozesse identifiziert und eliminiert (vgl. Bauer et al. 2004; Geldner et al. 2003; Neumuth 2009; Walther et al. 2007).



## 2. Methode

Die vom Forschungs- und Lehrgebiet Technisches Design des IKTD der Universität Stuttgart entwickelte Methode zur Analyse und Visualisierung von Mensch-Maschine-Interaktionen (vgl. Abbildung 1) findet ihre Anwendung sowohl in der Makroebene als auch in der Mikro- und Interfaceebene eines Arbeitssystems. Die Gebrauchstauglichkeit des Tools wurde bereits in Bedienstudien getestet (vgl. Schmid & Himmelein 2008) und auch im Zuge einer Produktoptimierung in der Entwicklung angewendet (vgl. Gaida 2007).

Nun soll das Workflow-Tool im Zuge einer dezidierten Analyse und Bewertung mit dem Ziel der Prozessoptimierung im klinischen Bereich Anwendung finden und weiterentwickelt werden. Um einen reduktionistischen Ansatz zu verfolgen, werden hierfür repräsentative Prozesse im Makrobereich ausgewählt, anhand deren Szenarien qualitative Analysen durchgeführt werden sollen, die sich über den Mikrobereich bis in den Interfacebereich erstrecken. Durch die sukzessive Analyse in den Ebenen der Mensch-Maschine-Interaktion werden durch die Detaillierung optimierte Gestaltungskonzepte der Schnittstelle zwischen Mensch und Technik (Mikro- und Interfaceebene) ausgearbeitet, erprobt und evaluiert, die dann wiederum durch Ihre Umsetzung auf klinischer Plattform zu Verbesserungen des Workflows in der Makroebene führen sollen.

Gegenüber den bekannten Workflow-Analysen im klinischen Bereich, die den zeitlichen Ablauf der Phasen registrieren, wird mit dem neuen Lösungsansatz zur Visualisierung, Analyse und Bewertung des Mensch-Maschine-Interaktionsflusses die Analyse bis in die Interfaceebene verfolgt. Hierbei können zum einen mögliche Brüche, sowie ineffiziente und inadäquate Informationsdarbietungen innerhalb der Prozesse im Makrobereich erkannt und zum anderen mit Hilfe von Aspekten der Wahrnehmungspsychologie und Kognitiven Ergonomie Leistungsspitzen im Bereich des „mental workloads“ herauskristallisiert werden. Ziel nach einer umfangreichen Analyse ist es, durch eine optimierte Gestaltung der Schnittstelle zwischen Mensch und Technik den Prozess besser zu beherrschen und somit mehr Sicherheit sowohl für die Patienten, als auch für die Akteure im Krankenhaus zu schaffen.

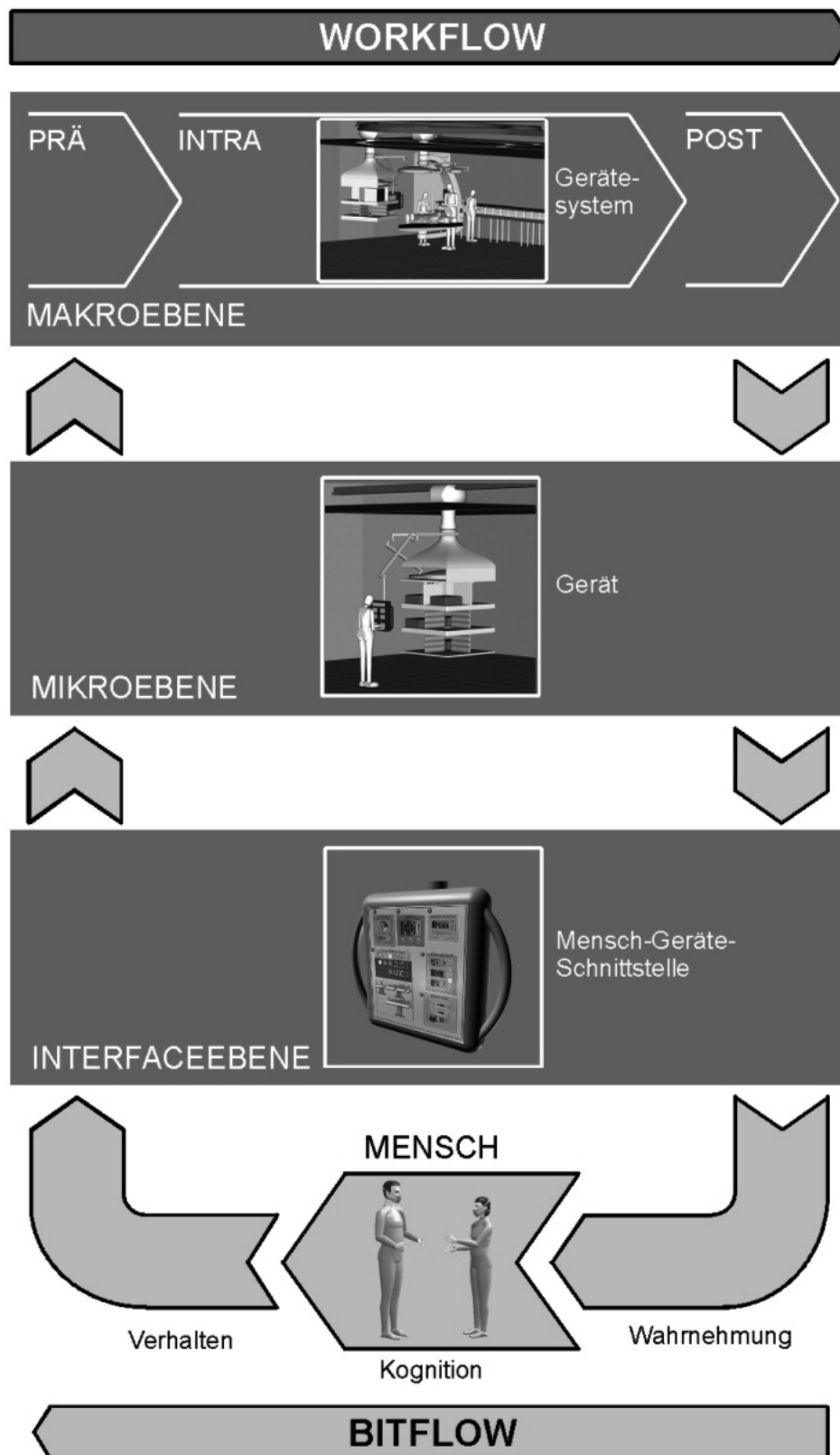
In der Makroebene wird der Workflow durch den OP betrachtet. Dies beinhaltet die prä-, intra- und postoperativen Phasen. Die Analyse innerhalb der Makroebene legt dabei einen besonderen Fokus auf die Schnittstellen im Prozess und identifiziert Verbesserungspotentiale bezüglich der Raum-, Zeit-, Ressourcen- und Informationsstruktur über diese Schnittstellen hinweg. Untersuchungsgegenstand ist dabei das sozio-technische System bestehend aus Patient, Personal und einem Gerätesystem.

Bei der Analyse des Mensch-Technik-Systems auf der Mikroebene wird die anthropometrische Gestaltung in den Mittelpunkt der Untersuchung gestellt. Hierbei kommen vor allem Kriterien der Betätigung und Benutzung aus dem Bereich der Mensch-Produkt-Anforderungen zum tragen. Bezogen auf ein Einzelgerät im intraoperativen Bereich bedeutet dies für die Mensch-Maschine-Interaktion bspw. die Erfassung und Optimierung der Seh-, Greif- und Fußräume, sowie die Anordnung von Anzeigern und Stellteilen.

In der Interfaceebene wird das auf der Mikroebene betrachtete Einzelgerät bezüglich der Schnittstelle zum Bediener hin analysiert. Hierbei handelt es sich um eine dezidierte Analysemethode des Informationsflusses in der Mensch-Maschine-Schnittstelle, in deren spezifischer Anwendung das Workflow-Tool dahingehend weiterentwickelt werden soll, dass zusätzlich zu den Kriterien der physiologischen Ergonomie und Biomechanik die der kognitiven Ergonomie berücksichtigt werden sollen.



Die Untersuchung des so genannten „Bitflows“ basiert auf der deterministischen Betrachtungsweise des Ursache-Wirkung-Prinzips und soll die Wechselwirkungen über die Mensch-Maschine-Schnittstelle hinweg visualisieren. Daraus können wiederum Gestaltungsrichtlinien erarbeitet, die zu einer Verbesserung des „Bitflows“ führen.



**Abbildung 1:** Mensch-Maschine-Interaktionen mit Work- und Bitflow

### 3. Diskussion und Ausblick

Die oben erwähnte Weiterentwicklung des Workflow-Tools trägt dem stetigen Vormarsch der Kognitionswissenschaften Rechnung. Mit neuen Untersuchungsmethoden wie der funktionellen Magnetresonanztomographie (fMRT) können die informationsverarbeitenden Prozesse im menschlichen Gehirn (Wahrnehmung, Denken, Motorik etc.) visualisiert und analysiert werden. Dies führt zu Erkenntnissen, die im Bereich der kognitiven Ergonomie ihre Anwendung finden. Dieses Teilgebiet der Ergonomie wird hauptsächlich im Bereich der Software-Ergonomie (Human-Computer-Interaction) ausgeübt, die sich mit der speziellen Anpassung von Computerprogrammen an die kognitiven Fähigkeiten des Menschen befasst. Bei der Entwicklung von Maschineninterfaces finden diese Kriterien jedoch noch keinen direkten Zugang für die Gestaltung.

Bei der Interaktion von Mensch und Maschine ist die bidirektionale Anzeige, Verarbeitung und Ausgabe von adäquaten Informationen von entscheidender Rolle für die Usability (vgl. Maier & Schmid 2005). Diese Informationsgehalte (Maßeinheit „bits“) ermöglichen das Zusammenspiel zwischen Mensch und Maschine. Ziel ist es durch die Weiterentwicklung des „Workflow-Tools“ zum „Bitflow-Tool“ ein Werkzeug zu generieren, mit dessen Hilfe qualitative Aussagen darüber getroffen werden können, inwiefern ein Mensch-Maschine-System den Kriterien der physiologischen und kognitiven Ergonomie gerecht wird. Dies schlägt sich z. B. in verkürzten Erkennungsphasen, geringerer mentaler Belastung (mental workload) oder erhöhter Aufmerksamkeit auf einen Vorgang nieder. Diese Effekte sollen durch eine entsprechende, „flowgerechte“ Gestaltung der Schnittstelle zwischen Mensch und Maschine erreicht werden.

### 4. Literatur

1. Bauer, M., Hanß, R., Schlepper, A., Steinfath, M., Tonner, P.H. & Martin, J. 2004, Prozessoptimierung im „kranken Haus“, *Anaesthesist*, 53, 414-425.
2. Gaida, G. 2007, Bedienoptimierung bei der Carl Zeiss Surgical GmbH, Vortrag mit Teilveröffentlichung der Projektergebnisse des IKTD auf dem 5. Symposium „Human Machine Interaction Design“.
3. Geldner, G., Eberhart, L.H.J., Trunk, S., Dahmen, K.G., Reissmann, T., Weiler, T., Bach, A. für den gemeinsamen Arbeitskreis Anästhesie und Ökonomie der Deutschen Gesellschaft für Anästhesie und des Berufsverbands Deutscher Anästhesisten 2003, Effizientes OP-Management, *Gynäkologie*, 36, 149-157.
4. Guggenberger, H. 2009, Vom Kostenfaktor zum Profitcenter: Einkauf von OP-Zeiten. In: TopClinica-Kongress: Medizin braucht Zukunft.
5. Holderried, M. 2008, IT-gestütztes Teamlernen zur Prozessoptimierung-„Business-Process-Redesign“ einer endoskopischen Funktionseinheit, Masterarbeit im Studiengang Humanmedizin. Tübingen: Universität Tübingen.
6. Maier, T. & Schmid, M. 2005, Usability-Faktor zur objektiven Bewertung von Interfacekonzepten. In: L. Urbas & C. Steffens (Hrsg.), Zustandserkennung und Systemgestaltung, 6. Berliner Werkstatt, Fortschritt-Berichte VDI Reihe 22. Düsseldorf: VDI Verlag, S. 255-258.
7. Neumuth, T. 2009, Surgical Process Modeling and Surgical Workflow Analysis, Dissertation. Leipzig: Medizinische Fakultät der Universität Leipzig.
8. Schmid, M. & Himmelein, M. 2008, Workflowbasiertes Mensch-Maschine-Bewertungssystem am Beispiel von Digitalkameras. In: Ueware 2008 – Verfahrens- und Produktionstechnik, Engineering, Informationspräsentation und Interaktionskonzepte - VDI-Berichte 2041. Düsseldorf: VDI Verlag.
9. Walther, M., Lenhart, F.-P., Metz, C., Rzepecki, A., Petzold, Y. & Mayer, B. 2007, Möglichkeiten der Ablaufoptimierung in orthopädischen Operationssälen, *Orthopädie*, 36, 523-528.

# **Psychische Belastung**



# Veränderungsbereitschaft und Gesundheitsorientierung als zentrale Konstrukte im Rahmen von organisationalen Stressmanagement-Interventionen

Frithjof MÜLLER, Gregor J. JENNY und Georg F. BAUER

*Division Public and Organizational Health, University of Zürich and ETH Zürich,  
Hirschengraben 84, CH-8001 Zürich*

**Kurzfassung:** Im Rahmen einer längsschnittlichen Stressmanagement-Intervention in 9 Grossbetrieben wurde ein neu entwickeltes anwendungsorientiertes Instrument zur Erfassung der individuellen und organisationalen gesundheitsorientierten Veränderungsbereitschaft eingeführt und im Rahmen der Baseline-Erhebung (N = 3495) validiert.

**Schlüsselwörter:** Veränderungsbereitschaft, Gesundheitsorientierung, Stressmanagement-Intervention, Organisation.

## 1. Einleitung

Organisationales Stressmanagement erfordert Veränderungen der Organisation. Generell sind organisationale Veränderungen eine herausfordernde Aufgabe, da sie für gewöhnlich multiple, simultane Anpassungen im Arbeitsablauf, der Entscheidungsfindung und der Kommunikation erfordern. Nur 20% aller Mitarbeiter in Organisationen sind darauf vorbereitet Veränderungen vorzunehmen, die andere von ihnen verlangen (Prochaska et al. 2001). Die Veränderungsbereitschaft der Organisation und des Individuums sind zwei Variablen, die zu einer erfolgreichen Umsetzung von organisationalen Veränderungen beitragen können. Damit Veränderungen so stattfinden können, wie sie durch die Führung geplant sind, müssen Konflikte dahingehend gelöst werden, dass die Ansichten und Gedanken der Mitarbeiter, denen der Vorgesetzten entsprechen und die entsprechende Veränderungsbereitschaft geschaffen wird (Van de Ven & Poole 1995). Die Hälfte aller Misserfolge bei der Umsetzung organisationaler Veränderungen ereignen sich, weil die Führung versäumt, eine ausreichende Veränderungsbereitschaft bei den Mitarbeitern zu schaffen (Kotter 1996).

Daher ist es im Kontext von organisationalen Stressmanagement-Interventionen wichtig, die Wahrnehmung der Veränderungsbereitschaft der Mitarbeiter zu verstehen, um den Veränderungsprozess besser zu begleiten (Eby et al. 2000), da der Erfolg der Intervention maßgeblich davon abhängt, dass eine Mehrheit der Mitarbeiter die entsprechende Veränderungsbereitschaft in Bezug auf die Intervention besitzen. In Bezug auf gesundheitsförderliche Veränderungsmassnahmen ist neben der Veränderungsbereitschaft wichtig, dass die Mitarbeiter ein persönliches Interesse an der Erhaltung und Förderung ihrer Gesundheit haben, d.h. ein gewisses Maß an Gesundheitsorientierung besitzen (Snell et al. 1991). Gemäß Fay und Lührmann (Fay & Lührmann 2004) ist es von zentraler Bedeutung ein besseres Verständnis von Veränderungsprozessen und Faktoren zu gewinnen, welche zu erfolgreicher Veränderung und Innovation beitragen. Dementsprechend präsentieren wir unsere Konzeptualisierung von individueller und organisationaler Veränderungsbereitschaft und Gesundheitsorientierung im Rahmen einer groß angelegten organisationalen Stressma-

nagement-Intervention in der Schweiz (Projekt SWiNG - finanziert durch Gesundheitsförderung Schweiz und den Schweizerischen Versicherungsverband (SVV)).

## 2. Methode

### 2.1. Entwicklung des Instruments

Aufgrund der Erkenntnisse aus vorhergehenden Studien stellten wir folgende Anforderungen an das neu zu entwickelnde Instrument: es sollte im Gegensatz zu bisher eingesetzten Instrumenten zwei Ebenen umfassen, d.h. sowohl die Einstellung des Individuums als auch die wahrgenommene organisationale Einstellung erfassen und darüber hinaus durch die Ergänzung von Items zur Gesundheitsorientierung die Veränderungsbereitschaft themenspezifisch erheben. Bei der Konzeptualisierung war von Interesse, dass das Instrument neben den methodologischen Anforderungen, möglichst anwendungsorientiert ist. Daraus resultierten insgesamt 8 Items, welche die individuelle und organisationale Gesundheitsorientierung und die gesundheitsorientierte Veränderungsbereitschaft erfassen (s. Tabelle 1). Die entsprechenden Fragen sind auf einer Skala von 1 („sehr viel“) bis 7 („sehr wenig“) abgestuft.

**Tabelle 1:** Individuelle und organisationale gesundheitsorientierte Veränderungsbereitschaft

<b>Individuelle Gesundheitsorientierung</b>	<b>Wie viel tun Sie selbst für Ihre Gesundheit und Ihr Wohlbefinden?</b>
	Wie viel tun Sie selbst für eine gute Arbeitssituation?
<b>Organisationale Gesundheitsorientierung</b>	Wie viel macht Ihr Betrieb für eine gute Arbeitssituation?
	Wie viel macht Ihr Betrieb für die persönliche Gesundheit und das Wohlbefinden der Mitarbeitenden?
<b>Individuelle gesundheitsorientierte Veränderungsbereitschaft</b>	In manchen Betrieben werden gezielt Maßnahmen zur Verbesserung der persönlichen Gesundheit der Mitarbeitenden eingeführt. Sind Sie bereit, bei solchen Maßnahmen mitzumachen?
	In manchen Betrieben werden auch gezielt Maßnahmen zur Verbesserung der Arbeitssituation eingeführt. Sind Sie bereit, bei solchen Maßnahmen mitzumachen?
<b>Organisationale gesundheitsorientierte Veränderungsbereitschaft</b>	Ist Ihrer Meinung nach Ihr Betrieb bereit, Maßnahmen zur Verbesserung der persönlichen Gesundheit der Mitarbeitenden einzuführen und langfristig umzusetzen?
	Ist Ihrer Meinung nach Ihr Betrieb bereit, Maßnahmen zur Verbesserung der Arbeitssituation einzuführen und langfristig umzusetzen?

### 2.2. Studiendesign

Eine längsschnittlich angelegte Stressmanagement-Intervention in 9 Pilotbetrieben in der Schweiz (Projekt SWiNG) bildete den Rahmen für die Konzeptualisierung, Einführung und Validierung der Erhebungsinstrumente zur Veränderungsbereitschaft



und Gesundheitsorientierung. Im Zeitraum von Herbst 2008 bis Frühling 2009 nahmen 3703 Angestellte an der Baseline-Befragung teil und komplettierten einen umfangreichen Fragebogen, der neben den neu entwickelten Erhebungsinstrumenten zu Veränderungsbereitschaft und Gesundheitsorientierung. Aufgrund von Ausschlusskriterien und fehlenden Werten mussten 208 Teilnehmer ausgeschlossen werden ( $N = 3495$ ). In einem ersten Schritt wurde die Reliabilität der Gesamtskala berechnet. Im nächsten Schritt erfolgte die Validierung des Instruments mithilfe einer konfirmatorischen Faktorenanalyse. Es wurde angenommen, dass sich die 8 Items auf eine individuelle und eine organisationale Ebene trennen lassen, wobei die Items zu Gesundheitsorientierung auf den jeweiligen Ebenen den veränderungsspezifischen Bezug (Gesundheitsorientierung) repräsentieren.

### 3. Ergebnisse

Die Ergebnisse der deskriptiven Statistik zeigen, dass bei allen 8 Items eine Normalverteilung gegeben ist. Die individuelle Dimension von Gesundheitsorientierung und Veränderungsbereitschaft wurde leicht positiver bewertet als die organisationale. Die Reliabilität der Gesamtskala erreicht ein Cronbach's  $\alpha$  von .772. Die Zusammenhangsanalysen zeigen einen teilweise hoch signifikanten Zusammenhang zwischen einzelnen der 8 Items, was die entsprechende Grundlage für eine Faktorenanalyse bildet. Die angenommene 2-Faktoren-Lösung erreichte eine zufriedenstellende Komponenten-Struktur und klärt 62.4% der Varianz auf. Die entsprechenden Subskalen für individuelle und organisationale gesundheitsorientierte Veränderungsbereitschaft erreichten Reliabilitäten von  $\alpha = .670$  und  $\alpha = .870$ .

### 4. Diskussion

Die wahrgenommene individuelle und organisationale Veränderungsbereitschaft sind zentrale Antezedenten für die erfolgreiche Implementierung von organisationalen Veränderungen (Armenakis & Bedeian 1999; Armenakis et al. 1993; Cunningham, et al. 2002; Kotter 1996; Madsen et al. 2005; Weiner 2009). Wie die Ergebnisse unserer Analysen zeigen ist unser neu entwickeltes Instrument zur Erfassung von individueller und organisationaler gesundheitsorientierter Veränderungsbereitschaft dazu geeignet im Rahmen von gesundheitsbezogenen organisationalen Veränderungsprozessen die Veränderungsbereitschaft der Individuen in der Organisation und der Organisation zu erfassen. Im einem nachfolgenden Schritt werden weitergehende Validierungsschritte erfolgen und darüber hinaus Daten von validierten Instrumenten zu arbeits- und gesundheitsbezogenen Themen, die ebenfalls erhoben wurden, zur Konstrukt-Validierung herangezogen.

### 5. Literatur

1. Armenakis, A.A. & Bedeian, A.G. 1999, Organizational Change: A Review of Theory and Research in the 1990s, *Journal of Management*, 25, 293-315.
2. Armenakis, A.A., Harris, S.G. & Mossholder, K.W. 1993, Creating Readiness for Organizational Change, *Human Relations*, 46, 681-703.
3. Cunningham, C.E., Woodward, C.A., Shannon, H.S., MacIntosh, J., Lendrum, B., Rosenbloom, D. & Brown, J. 2002, Readiness for organizational change: A longitudinal study of workplace, psy-

- chological and behavioural correlates, *Journal of Occupational and Organizational Psychology*, 75, 377-392.
4. Eby, L.T., Adams, D.M., Russell, J.E.A. & Gaby, S.H. 2000, Perceptions of Organizational Readiness for Change: Factors Related to Employees' Reactions to the Implementation of Team-Based Selling, *Human Relations*, 53, 419-442.
  5. Fay, D. & Lührmann, H. 2004, Current themes in organizational change, *European Journal of Work & Organizational Psychology*, 13, 113-119.
  6. Kotter, J.P. 1996, *Leading Change*. Boston: Harvard Business Press.
  7. Madsen, S.R., Miller, D. & John, C.R. 2005, Readiness for organizational change: Do organizational commitment and social relationships in the workplace make a difference?, *Human Resource Development Quarterly*, 16, 213-234.
  8. Prochaska, J.M., Levesque, D.A., Prochaska, J.O., Dewart, S.R. & Wing, G.R. 2001, Mastering Change: A Core Competency for Employees, *Brief Treatment and Crisis Intervention*, 1, 7-15.
  9. Snell, W.E., Johnson, G., Lloyd, P.J. & Hoover, M.W. 1991, The Health Orientation Scale: A measure of psychological tendencies associated with health, *European Journal of Personality*, 5, 169-183.
  10. Van de Ven, A.H. & Poole, M.S. 1995, Explaining Development and Change in Organizations, *The Academy of Management Review*, 20, 510-540.
  11. Weiner, B.J. 2009, A theory of organizational readiness for change, *Implementation Science*, 4, 67.

# Belastungs- und Beanspruchungsanalyse im Bereich Netzführung einer Energieversorgungsgesellschaft

Verena BOPP, Yvonne FERREIRA, Rolf HELBIG und Ralph BRUDER

*Institut für Arbeitswissenschaft, Technische Universität Darmstadt,  
Petersenstr. 30, D-64287 Darmstadt*

**Kurzfassung:** Das Konzept zur Untersuchung von Belastung und Beanspruchung der Netzführer in der Leitwarte einer Energieversorgungsgesellschaft berücksichtigt viele verschiedene Aspekte (Arbeitsablaufanalyse, physiologische Größen, Befragung der Beschäftigten zur subjektiv empfundenen Beanspruchung und zur Arbeitszufriedenheit) und ermöglicht dadurch die Erfassung und Beurteilung eines komplexen Arbeitssystems in seinen Auswirkungen auf die Beschäftigten, ihre Gesundheit und Leistung sowie das Ausweisen von Gestaltungspotential.

**Schlüsselwörter:** Psychomentale Belastung, psychomentale Beanspruchung, Blutdruckmessung.

## 1. Einleitung

Die Untersuchung wurde in der Zentrale einer großen deutschen Energieversorgungsgesellschaft durchgeführt. Der Bereich Netzführung ist für die Steuerung (Schalthoheit) der vier Netze (Gas, Wasser, Strom, Fernwärme) sowie deren Überwachung einschließlich des Störungsmanagements und Berichtswesens zuständig. Der Kontrollraum der Leitwarte umfasst vier Arbeitsplätze.

Ziel der Untersuchung war die Erhebung, Analyse und Bewertung der vorhandenen Belastungen und Beanspruchungen der Netzführer sowie das Ausweisen von Gestaltungspotential zur Optimierung von Belastung und Beanspruchung.

## 2. Methode

Die Untersuchung umfasste folgende Module:

- Problemanalyse/Tätigkeitsanalyse (Literaturrecherche, Begehungen, Videoaufnahmen, Interviews mit Vorgesetzten und Mitarbeitern, Auswertung betriebsinterner Unterlagen, Workshops)
- Schichtbezogene Erhebung der Teilbelastungen mit einem standardisierten Analyseformular durch geschulte Analytiker
- Schichtbezogene Erhebung der subjektiv empfundenen Beanspruchung mittels NASA Task Load Index, Erhebung schichtunabhängiger Aspekte mittels Fragebogen, Erhebung der Arbeitszufriedenheit mit dem Fragebogen zur Erhebung von Arbeitszufriedenheitstypen FEAT
- Physiologische Beanspruchungsmessung (24-Stunden-Blutdruckmonitoring)
- Verknüpfung und statistische Auswertung aller Daten
- Ausweisen von Gestaltungspotential

### 3. Ergebnisse

#### 3.1 Blutdruckauswertung anhand DGAUM-Kriterien

Die der Beurteilung zugrunde liegenden Kriterien für normalen Blutdruck unter Arbeitsbedingungen orientieren sich an den Leitlinien der Deutschen Gesellschaft für Arbeitsmedizin und Umweltmedizin (DGAUM, Seibt & Scheuch 2005).

**Tabelle 1:** Blutdruck-Auswertung anhand DGAUM-Kriterien (n=11), SBD= systolischer Blutdruck, DBD= diastolischer Blutdruck

Kriterium	Empfehlung	Empfehlung eingehalten	Empfehlung nicht eingehalten
Häufigkeit von Spitzenwerten während Schicht > 140/90 mmHg	Bis 25% pro 8 h-Schicht	SBD 70%, DBD 70%	SBD 30%, DBD 30%
Schicht-Mittelwert	105/70-140/90 mmHg	SBD 80%, DBD 70%	SBD 20%, DBD 30%
24-h-Mittelwert am Arbeitstag	100/65-130/80 mmHg	SBD 67%, DBD 56%	SBD 33%, DBD 44%
Mittelwert in der Schlafphase	90/60-120/70 mmHg	SBD 75%, DBD 62%	SBD 25%, DBD 38%

Das Blutdruck-Erholungsverhalten wurde anhand zweier weiterer DGAUM-Kriterien überprüft:

- Eine Stunde nach Schichtende entspricht der Blutdruckwert dem Wert zur gleichen Uhrzeit an einem arbeitsfreien Tag. Dieses Kriterium war in 71% der untersuchten 7 Schichten erfüllt, in 29% nicht erfüllt (SBD 29%, DBD 29%).
- Als Ausdruck einer vollständigen Erholung kommt es während der (nächtlichen) Schlafphase zu einem Blutdruckabfall von: SBD: 10 – 15 %; DBD: 15 – 20 %. Dieses Kriterium war in 87% der untersuchten 8 Schichten erfüllt, in 13% nicht erfüllt (SBD 13%, DBD 13%)

#### 3.2 Zusammenhang zwischen Belastung und objektiv messbarer Beanspruchung

Es zeigte sich ein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen dem Belastungsfaktor „Koordination und Information: Anzahl der gleichzeitig bearbeiteten Schaltanträge“ (dies entspricht der Anzahl der gleichzeitig betreuten Monteure im Außendienst) und der Höhe des systolischen Blutdrucks („Arbeitsblutdruck“).

#### 3.3 Zusammenhang zwischen objektiv gemessener Beanspruchung und subjektiv empfundener Beanspruchung

Die Wahrnehmung von Misserfolg sowie von Frustration steht im Zusammenhang mit erhöhtem diastolischem Blutdruck.

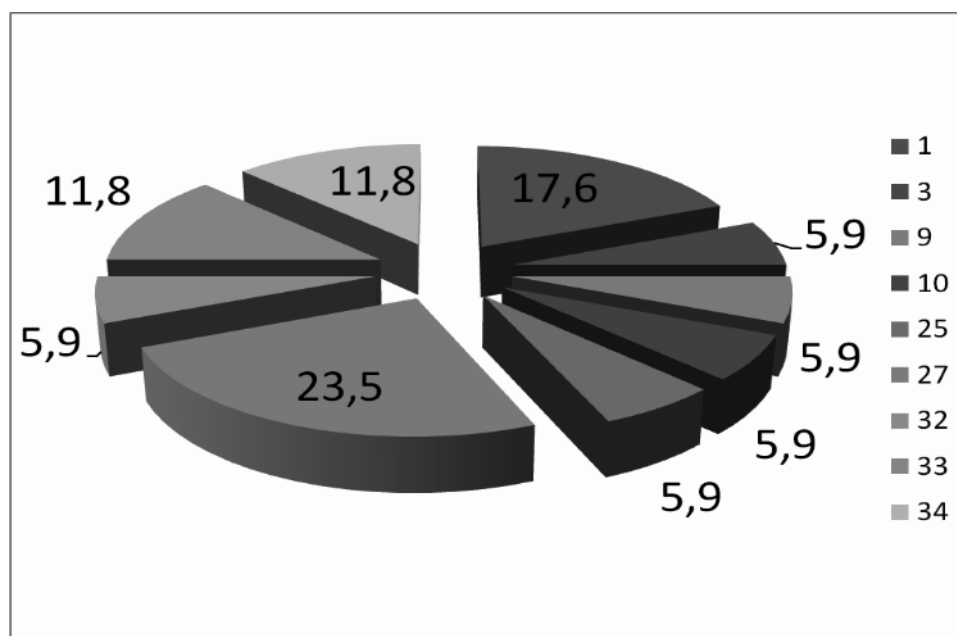
#### 3.4 Zusammenhang zwischen Belastung und subjektiv empfundener Beanspruchung

Einzelne Teiltätigkeiten (gleichzeitige Betreuung von Monteuren im Außendienst, Anrufe im Rahmen der Schaltantragsbearbeitung d.h. Betreuung von Monteuren, fachliche Gespräche mit VLW-Kollegen, Ausfüllen von Schaltberichten) gehen mit

einem höheren subjektiv empfundenen Beanspruchung (geistige Anforderung, zeitliche Anforderung, Anstrengung, empfundene Gesamtbelastung) einher.

### 3.5 Arbeitszufriedenheit

Die Arbeitszufriedenheit wurde mit dem Fragebogen zur Erhebung von Arbeitszufriedenheitstypen FEAT vorgenommen (Ferreira 2009). Der Vorteil des FEAT liegt in der Erhebung der Entwicklungsbedingungen der Arbeitszufriedenheit (Wie sollte der Arbeitsplatz sein? Wie ist der Arbeitsplatz wirklich? Verändert sich das Anspruchsniveau? Nimmt die Arbeitsperson Kontrolle über ihre Arbeitssituation wahr? Nimmt die Arbeitsperson Problemlösungsversuche vor?). Das Ergebnis dieser Befragung ist nicht ein „hoher“ oder „niedriger“ Wert für Arbeitszufriedenheit, sondern vielmehr die Feststellung eines Arbeitszufriedenheitstyps, der deutlich mehr aussagt als ein „Festwert“ für die Arbeitszufriedenheit (vgl. Abbildung 1).



**Abbildung 1:** Arbeitszufriedenheitstypen (1: klassisch progressiv, 3: progressiv reduzierend, frustriert passiv, 10: stabilisiert frustriert aktiv, 25: progressiv konstruktiv, 27: adaptiv reduzierend, 32: progressiv ambivalent, 33: resignativ aktiv, 34: klassisch resignativ)

64,7% der Mitarbeiter erhalten von ihrer Arbeitsstelle nicht das, was sie sich wünschen. 35,3% erhalten das, was sie sich erhoffen. Von den befragten Mitarbeitern hatten 41,2 % Kontrollwahrnehmung, 58,8% nahmen keine Kontrolle wahr. Das Anspruchsniveau halten 64,7% konstant, 29,4% steigern es. Lediglich 23,5% nehmen keine Problemlösungsversuche vor, während 76,5% Lösungsversuche vornehmen.

## 4. Gestaltungsansätze

Die Tätigkeiten im Bereich Netzführung zeichnen sich durch variable Belastungssituationen aus, wie sie für Überwachungstätigkeiten an (Schalt)warten typisch sind. Neben Phasen, die hauptsächlich durch Beobachtungstätigkeiten gekennzeichnet sind, gibt es Phasen, die sich durch Belastungsspitzen auszeichnen.

Die untersuchten Schichten gaben keinen Anlass zu der Überzeugung, dass die

Belastungen im Mittelwert in einem kritischen Bereich seien und eine sofortige Änderung der Arbeitsbedingungen erforderten.

Jedoch sollten Maßnahmen zur Reduktion der Belastungsspitzen durch Optimierung der Arbeitsgestaltung ergriffen werden.

So stellt beispielsweise die Anzahl der mit Arbeiten im Netz beschäftigten Monteure im Außendienst, die gleichzeitig von einem einzelnen Netzfürher angeleitet, koordiniert und überwacht werden, einen wesentlichen Belastungsfaktor dar und hat erheblichen Einfluss auf objektive und subjektiv empfundene Beanspruchung. Eine stärkere zeitliche Verteilung dieser Arbeiten im Netz über den gesamten Arbeitstag (anstelle der derzeit üblichen Konzentration auf die Zeit zwischen 7 und 14 Uhr) könnte hier entlastend wirken.

Ein weiterer Ansatzpunkt ist die Qualifizierung der Netzfürher (Kommunikationsschulung für den telefonischen Umgang mit Kunden, die Störungen über die zentrale Störmeldestelle melden; Training an weniger vertrauten Arbeitsplätzen durch regelmäßigen Wechsel zwischen den Netzfürherungsplätzen für Wasser, Gas/Wasser und Fernwärme).

## 5. Literatur

1. Ferreira, Y. 2009, FEAT – Fragebogen zur Erhebung von Arbeitszufriedenheitstypen: Zukunftsperspektive für das Züricher Modell, Zeitschrift für Arbeits- und Organisationspsychologie, 53, 177-193.
2. Seibt, R. & Scheuch, K. 2005, Blutdruckmessung in der Arbeitsphysiologie, Leitlinie 16 der Deutschen Gesellschaft für Arbeitsmedizin und Umweltmedizin (DGAUM). Im Internet verfügbar unter: <http://www-dgaum.med.uni-rostock.de/leitlinien/blutdruck.htm>.



# Prädiktionsmodelle zu Gelenkbeschwerden und Niedergeschlagenheit bei der Arbeit in der Produktion

Wolfgang SLESINA und Astrid FINK

*Sektion Medizinische Soziologie, Universität Halle-Wittenberg,  
Harz 42a, D-06097 Halle*

**Kurzfassung:** Eine Studie in einem Industrieunternehmen ermittelte Prädiktoren für Gelenkbeschwerden (obere Extremitäten) und Niedergeschlagenheit bei der Arbeit als Grundlage betrieblicher Gesundheitsförderung.

**Schlüsselwörter:** Gelenkbeschwerden, Niedergeschlagenheit, Prädiktionsmodelle, Gesundheitsförderung.

## 1. Hintergrund und Fragestellung

Für mehrere Beschwerden bzw. Erkrankungen des Arm- und Handgelenkbereichs wurden mit unterschiedlichen Graden der Evidenz bestimmte Arbeitsbelastungen als Risikofaktoren beschrieben (z.B. Bernard 1997; NRC 2001; Liebers & Caffier 2009). Zur Befindensbeeinträchtigung „Niedergeschlagenheit“ liegen bisher nur wenige Erkenntnisse über Einflüsse aus den Arbeitsbedingungen vor (z.B. Mausner-Dorsch & Eaton 2000). Hingegen gibt es zu Depressionen bzw. depressiven Störungen bereits eine größere Zahl von Befunden über arbeitsbedingte Risiken (z.B. Mausner-Dorsch & Eaton 2000; BAuA 2005; Bonde 2008).

Eine eigene Studie in einem Unternehmen der Automobil-Zulieferindustrie bezog alle Mitarbeiter/innen in eine Befragung über subjektiv belastende Arbeitsanforderungen und bei der Arbeit öfter auftretende körperliche und psychische Beschwerden ein. Ziel der Studie war es, mit multipler logistischer Regressionsanalyse Prädiktoren und Risikoziffern (Odds Ratios=OR) für verschiedene gesundheitliche Beschwerden bei der Arbeit zu ermitteln sowie die Güte der Prädiktionsmodelle zu prüfen. Die Studie bezweckte keine Krankheitsursachenforschung, sondern sollte Orientierungsgrundlagen für das betriebliche Gesundheitsmanagement und die Gesundheitsförderung im Unternehmen schaffen.

Dieser Beitrag bezieht sich zum einen auf Prädiktoren von häufig auftretenden Arm-, Hand- oder Fingergelenkbeschwerden bei der Arbeit und zum anderen auf Prädiktoren von häufiger Niedergeschlagenheit bei der Arbeit im Produktionsbereich des Unternehmens.

## 2. Methodik

Die Mitarbeiterbefragung wurde im Frühsommer 2008 als Querschnittuntersuchung mit dem modifizierten MAF-Fragebogen (Bayerisches Staatsministerium für Arbeit und Sozialordnung, Familie und Frauen) durchgeführt. Im gewerblichen Bereich erfolgte die Ausfüllung der Fragebögen durch die Beschäftigten in moderierten Gruppentreffen. Die Beteiligung von 74% der gewerblichen Mitarbeiter erbrachte 3100 auswertbare Fragebögen.

Die multiple logistische Regressionsanalyse (Rückwärtsverfahren) erfolgte entsprechend dem Algorithmus von Muche et al. (2005). Im ersten Schritt wurden 28 Arbeitsbelastungen sowie die Merkmale Alter und Geschlecht einzeln mittels univariater Regressionsanalysen auf ihren Zusammenhang mit der Kriteriumsvariablen „öfter Arm-, Hand- oder Fingergelenkbeschwerden bei der Arbeit [ja/nein]“ geprüft; 50 Arbeitsbelastungen sowie Alter und Geschlecht gingen in die univariaten Regressionsanalysen mit der Kriteriumsvariablen „öfter niedergeschlagen bei der Arbeit [ja/nein]“ ein. Als Einschlusskriterium für die multiple Regressionsanalyse wurde ein Signifikanzniveau von  $p < 0,3$  gewählt.

### 3. Ergebnisse

#### 3.1 Prävalenz von „öfter Hand-, Arm- oder Fingergelenkbeschwerden bei der Arbeit“ und „öfter niedergeschlagen bei der Arbeit“

In der Befragung gaben 54,4% der gewerblichen Beschäftigten an, bei der Arbeit öfter Arm-, Hand- oder Fingergelenkbeschwerden zu verspüren, 37,2% der Befragten berichteten von häufiger Niedergeschlagenheit bei der Arbeit.

#### 3.2 Prädiktionsmodelle zu „öfter Hand-, Arm- oder Fingergelenkbeschwerden bei der Arbeit“ und „öfter Niedergeschlagenheit bei der Arbeit“

Das multiple logistische Regressionsmodell zu „öfter Arm-, Hand- oder Fingergelenkbeschwerden bei der Arbeit“ umfasst sechs signifikante, voneinander unabhängige Prädiktoren (jeweils  $p < 0,05$ ; vgl. Tabelle 1). Es sind, geordnet nach dem p-Wert: Geschlecht (Frauen:  $OR = 2,5$ ), Alter (30-bis 49-Jährige:  $OR = 1,5$ ;  $\geq 50$ -Jährige:  $OR = 2,3$ ), die Belastung durch ständig wiederkehrende, gleichartige Schulter-, Arm-, Handbewegungen ( $OR = 1,9$ ), die Belastung durch Formen schwerer körperlicher Arbeit ( $OR = 1,7$ ), der Tätigkeitsbereich (ungünstig: Teilefertigung,  $OR = 1,8$ ; Montage,  $OR = 1,5$ ) und die Belastung durch Abhängigkeit vom Maschinentempo/von der Aus-taktung/der Systemgeschwindigkeit ( $OR = 1,1$ ).

Bei den mehrstufig skalierten Merkmalen erhöht sich die Wahrscheinlichkeit für die genannten Gelenkbeschwerden bei der Arbeit von Skalenstufe zu Skalenstufe durchschnittlich um den OR-Wert. Dies bedeutet z.B., dass bei den Beschäftigten, die sich durch ständig wiederkehrende, gleichartige Schulter-, Arm-, Handbewegungen „oft“ (Skalenwert 4) belastet fühlten, die Wahrscheinlichkeit für häufige Arm-, Hand- oder Fingergelenkbeschwerden bei der Arbeit 6,9mal (1,93) höher ist als bei jenen, die sich nie durch ständig wiederkehrende, gleichartige Schulter-, Arm-, Handbewegungen belastet fühlten.

Für die Befindensstörung „öfter niedergeschlagen bei der Arbeit“ ergab die multiple logistische Regressionsanalyse ein Modell mit sieben signifikanten, voneinander unabhängigen Prädiktoren ( $p \leq 0,05$ ; vgl. Tabelle 2). Dies sind: die Belastung durch organisatorische und kommunikative Defizite (wie: fehlende Anerkennung der eigenen Leistung, Fehlen von Informationen, Fehlen von Unterweisungen, von Unterstützung u.a.,  $OR = 1,6$ ), die Geringschätzung bei der Arbeit (wie: übergangen/ nicht beachtet werden, nicht ernst genommen werden, schikaniert/belästigt werden u.a.,  $OR = 1,4$ ), die Belastung durch Zeit- und Leistungsdruck ( $OR = 1,4$ ), der Lärm/Geräuschpegel ( $OR = 1,2$ ), die Belastung durch Konflikte ( $OR = 1,2$ ), die Belas-

tung durch Wärme/Hitze, Staub/Schmutz (OR=1,2), der Tätigkeitsbereich (ungünstig: Logistik, OR=1,6).

**Tabelle 1:** Prädiktoren für „öfter Arm-, Hand- oder Fingergelenkbeschwerden bei der Arbeit“ ( $p < 0,05$ ). Es bedeuten: 1 Reihenfolge nach dem p-Wert; 2 Deskription: Median, Prozentwerte; 3 OR = Odds ratio, 4KI=Konfidenzintervall nach Wald

Prädiktoren <sup>1</sup>	Ausprägung	Deskription <sup>2</sup>	OR <sup>3</sup>	95%-KI <sup>4</sup>
Geschlecht ( $p < 0,001$ )	männlich weiblich	94% 6%	1 2,5	1,7-3,7
Alter, trichotomisiert ( $p < 0,001$ )	< 30 Jahre 31 - 49 Jahre ≥50 Jahre	29% 51% 20%	1 1,5 2,3	1,3-1,9 1,8-3,0
ständig wiederkehrende, gleichartige Schulter-, Arm-, Handbewegungen ( $p < 0,001$ )	1=nie bis 5=sehr oft	3	1,9	1,7-2,0
schwere körperliche Arbeit ( $p < 0,001$ )	1=nie bis 5=sehr oft	3	1,7	1,5-1,9
Tätigkeitsbereich ( $p < 0,001$ )	Instandh. Teilefert. Montage Logistik	11% 45% 35% 9%	1 1,8 1,5 1,2	1,3-2,4 1,1-2,0 0,8-1,8
Abhängigkeit vom Maschinentempo, von Austaktung, Systemgeschw. ( $p = 0,007$ )	1=nie bis 5=sehr oft	3	1,1	1,03-1,2

**Tabelle 2:** Prädiktoren für „öfter Niedergeschlagenheit bei der Arbeit“ ( $p \leq 0,05$ ). Es bedeuten: 1 Reihenfolge nach dem p-Wert; 2 Deskription: Median, Prozentwerte; 3 OR = Odds ratio, 4KI=Konfidenzintervall nach Wald

Prädiktoren <sup>1</sup>	Ausprägung	Deskription <sup>2</sup>	OR <sup>3</sup>	95%-KI <sup>4</sup>
kommunikative und organisator. Defizite ( $p < 0,001$ )	1=nie bis 5=sehr oft	3	1,6	1,4-1,8
Formen der Geringschätzung bei der Arbeit ( $p < 0,001$ )	0 bis 5 Formen d. Geringschätzung	0	1,4	1,3-1,6
Zeit-/ Leistungsdruck ( $p < 0,001$ )	1=nie bis 5=sehr oft	4	1,4	1,2-1,5
Lärm, Geräuschpegel ( $p < 0,001$ )	1=nie bis 5=sehr oft	3	1,2	1,1-1,3
Konflikte ( $p = 0,004$ )	1=nie bis 5=sehr oft	2	1,2	1,1-1,4
Wärme/Hitze, Staub/Schmutz ( $p = 0,012$ )	1=nie bis 5=sehr oft	4	1,2	1,03-1,3
Tätigkeitsbereich ( $p = 0,050$ )	Teilefertigung Montage Logistik Instandhaltung	45% 35% 9% 11%	1 1,1 1,6 1,1	0,9-1,3 1,1-2,2 0,8-1,4

Die Gesamtdiskriminationsleistung des Prädiktionsmodells zu Gelenkbeschwerden entsprach einem AUC = 0,80, Sensitivität = 71%, Spezifität = 74%. Beim Prädiktionsmodell zur Niedergeschlagenheit lauten die Werte: AUC = 0,77, Sensitivität = 72%, Spezifität = 68%.

#### 4. Diskussion und Schlussfolgerung

Als stärkste Prädiktoren für ‚häufige Gelenkbeschwerden bei der Arbeit‘ fanden sich die Merkmale Geschlecht und Alter, gefolgt von einigen muskuloskelettalen Belastungen wie repetitive und schwere körperliche Arbeit. Die beiden letzteren Merkmale stehen in Parallele zu Befunden der internationalen Forschung über belastungsbedingte Risiken für Gelenkbeschwerden bzw. -erkrankungen der oberen Extremitäten.

Für die Beschwerde ‚häufige Niedergeschlagenheit bei der Arbeit‘ waren insbesondere einige Aspekte der Führungs-, Kommunikations- und Interaktionskultur sowie – mit geringerem OR – einige Umgebungseinflüsse prädiktiv bedeutsam.

Da es sich um eine Querschnittstudie auf der Grundlage subjektiver Belastungsangaben der Beschäftigten handelt, können die Ergebnisse nicht kausal oder nur in einer Wirkungsrichtung interpretiert werden. Sie bieten jedoch dem Unternehmen Orientierungsgrundlagen für gezielte Maßnahmen der Gesundheitsförderung am Arbeitsplatz.

#### 5. Literatur

1. Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin - BAuA (Hrsg.) 2005, Arbeitsbedingtheit depressiver Störungen, Tagungsbericht Tb 138. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW.
2. Bernard, B. (Hrsg.) 1997, Musculoskeletal disorders and workplace factors: a critical review of epidemiologic evidence for work-related disorders of the neck, upper extremities, and low back, DHHS (NIOSH) publication No. 97-141. Cincinnati, Ohio: NIOSH.
3. Bonde, J.P.E. 2008, Psychosocial factors at work and risk of depression: a systematic review of the epidemiological evidence, *Occupational and Environmental Medicine*, 65, 438-445.
4. Liebers, F. & Caffier, G. 2009, Berufsspezifische Arbeitsunfähigkeit durch Muskel-Skelett-Erkrankungen in Deutschland. Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin.
5. Mausner-Dorsch, H. & Eaton, W.W. 2000, Psychosocial work environment and depression: epidemiologic assessment of the demand-control model, *American Journal of Public Health*, 90, 1765-1770.
6. Muche, R., Ring C & Ziegler C. 2005, Entwicklung und Validierung von Prognosemodellen auf Basis logistischer Regression. Aachen: Shaker.
7. National Research Council and the Institute of Medicine - NRC 2001, Musculoskeletal Disorders and the Workplace: Low Back and Upper Extremities. Panel on Musculoskeletal Disorders and the Workplace, Commission on Behavioral and Social Sciences and Education. Washington, DC: National Academy Press.

Wir danken dem Management, dem Betriebsrat und den Mitarbeitern/innen des Unternehmens für die große Unterstützung und die vertrauensvolle Zusammenarbeit.

# Moderatoreffekte von kognitiven Kontrolldefiziten auf den Zusammenhang zwischen Impulskontrolle, emotionaler Dissonanz und Burnout

Stefan DIESTEL und Klaus-Helmut SCHMIDT

*Leibniz-Institut für Arbeitsforschung an der TU Dortmund,  
Ardeystraße 67, D-44139 Dortmund*

**Kurzfassung:** Die vorliegende Untersuchung überprüft, ob emotionale Dissonanz den positiven Zusammenhang zwischen geforderter Impulskontrolle und Burnout statistisch vermittelt. Darüber hinaus wurde angenommen, dass kognitive Kontrolldefizite diesen Mediatorzusammenhang moderieren dergestalt, dass im Vergleich zu niedrigen Kontrolldefiziten die positiven Zusammenhänge zwischen geforderter Impulskontrolle und emotionaler Dissonanz sowie zwischen emotionaler Dissonanz und Burnout erheblich stärker ausfallen, wenn Kontrolldefizite stark ausgeprägt sind. Basierend auf einer Stichprobe von 327 Verwaltungsangestellten bestätigten Strukturgleichungsanalysen die erwarteten Mediator- und Moderatoreffekte.

**Schlüsselwörter:** Burnout, kognitive Kontrolldefizite, emotionale Dissonanz, geforderte Impulskontrolle, Latente Mediator- und Moderatoranalysen.

## 1. Einleitung

In einem breiten Spektrum von Dienstleistungsberufen erfordert die erfolgreiche Bewältigung von Anforderungen die zielbezogene Steuerung von Emotionen sowie die Kontrolle von spontanen, gewohnheitsmäßigen Affekten und Handlungsmustern. Eine Vielzahl von Befunden aus der psychologischen Grundlagen- und Anwendungsforschung zeigt, dass der Einsatz dieser Steuerungs- und Kontrollprozesse mit psychischen Kosten verbunden ist, die sich langfristig in einer Zunahme des Beanspruchungserlebens manifestieren (Schmeichel et al. 2008; Schmidt & Neubach 2006). Das ist insbesondere dann zu erwarten, wenn in sozialen Interaktionsprozessen (bspw. bei Kundengesprächen) emotionale Dissonanz erlebt wird. Emotionale Dissonanz bezeichnet die wahrgenommene Diskrepanz zwischen tatsächlich empfundenen und von der Arbeitsrolle geforderten Emotionen (Ashforth & Humphrey 1993). Jüngste Ergebnisse aus der arbeitspsychologischen Forschung lassen auf eine Mediatorfunktion der emotionalen Dissonanz in dem Zusammenhang zwischen emotionsbezogenen Anforderungen der Arbeitswelt und psychischer Beanspruchung, wie Burnout, schließen (Cheung & Tang 2006). Geforderte Impulskontrolle beschreibt die arbeitsbedingte Anforderung an die Kontrolle spontaner, habitueller Emotionen sowie Reaktionstendenzen und steht mit Burnout im engen Zusammenhang. Wenn emotionsbezogene Anforderungen nur im Falle des Erlebens von emotionaler Dissonanz beanspruchungswirksam werden, so müsste der Effekt der Impulskontrollanforderung auf Burnout vollständig durch emotionale Dissonanz statistisch vermittelt sein. Dieser Argumentation folgend wird für die vorliegende Untersuchung angenommen, dass emotionale Dissonanz Mediatoreffekte auf den positiven Zusammenhang zwischen geforderter Impulskontrolle und Burnout ausübt (Hypothese 1).



Während eine Reihe von Untersuchungen verschiedene individuelle und organisationale Faktoren identifiziert hat, die den Beanspruchungseffekt von emotionaler Dissonanz abmildern, ist bislang die Frage noch weitgehend ungeklärt, warum die zielbezogene Steuerung und Kontrolle von Emotionen sowie Reaktionstendenzen für einige Personen mit mehr psychischen Kosten verbunden sind als für andere. Experimentelle Befunde aus der Grundlagenforschung lassen vermuten, dass kognitive Kontrolldefizite, die sich auf Fehler der Handlungskontrolle sowie auf Aufmerksamkeits- und Gedächtnisprobleme beziehen, interindividuelle Unterschiede in der Beanspruchungswirkung von zielbezogener Emotionskontrolle und Bewältigung von emotionaler Dissonanz erklären (Schmeichel et al. 2008). Diese Vermutung steht mit der theoretischen Vorstellung im Einklang, dass Steuerungs- sowie Kontrollprozesse auf eine begrenzte kognitive Ressource zurückgreifen und im Falle der Erschöpfung dieser Ressource psychische Beanspruchung auslösen (Van der Linden et al. 2005). Wie experimentelle Untersuchungen zeigen, indizieren kognitive Kontrolldefizite eine geringe Kapazität der kognitiven Ressource und stellen demzufolge einen Vulnerabilitätsfaktor dar, der Personen gegenüber Anforderungen an die zielbezogene Steuerung und Kontrolle von Emotionen anfällig werden lassen und die aus der Bewältigung von emotionaler Dissonanz resultierenden Beanspruchungseffekte verstärken sollte (Schmidt & Neubach 2006). Dementsprechend wird erwartet, dass kognitive Kontrolldefizite als Moderatorvariable die positiven Zusammenhänge zwischen geforderter Impulskontrolle und emotionaler Dissonanz (Hypothese 2) sowie zwischen emotionaler Dissonanz und Burnout verstärken (Hypothese 3).

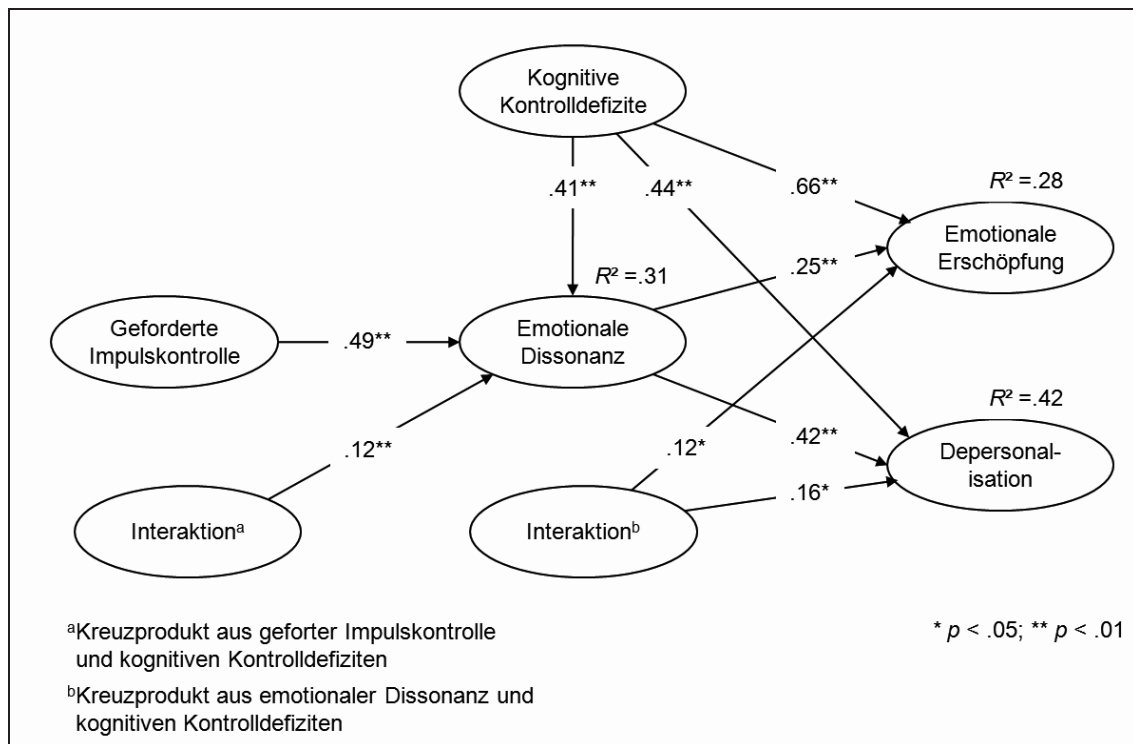
## 2. Methode

Untersuchungsteilnehmer waren Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter einer großen staatlichen Verwaltungsinstitution (N=327). Alle Untersuchungsvariablen wurden mittels Fragebogen erhoben. Die Befragung fand in Gruppen „vor Ort“ in den Verwaltungseinheiten während der regulären Arbeitszeit statt. Das Durchschnittsalter betrug 42.63 Jahre (SD = 9.40) und der Frauenanteil lag bei 55.7 %. Die Messung der geforderten Impulskontrolle (6 Items;  $\alpha=.89$ ) erfolgte mit einem von Neubach & Schmidt (2006) entwickelten Verfahren. Zur Erfassung der emotionalen Dissonanz kam eine Skala (4 Items;  $\alpha=.92$ ) aus den Frankfurter Skalen zur Emotionsarbeit zum Einsatz (Zapf et al. 1999). Kognitive Kontrolldefizite wurden über ein ins Deutsche übertragenen Fragebogen (25 Items;  $\alpha=.86$ ) zur Messung der kognitiven Fehlerneigung (Cognitive Failure Questionnaire; Broadbent et al. 1982) operationalisiert, der nach Handlungskontroll- und Gedächtnisstörungen sowie Wahrnehmungsproblemen bei der Bearbeitung von alltäglichen Aufgaben fragt. Kriteriumsmaße der Arbeitsbeanspruchung waren die beiden Burnout-Dimensionen Emotionale Erschöpfung (9 Items;  $\alpha=.89$ ) und Depersonalisation (4 Items;  $\alpha=.78$ ) (Büssing & Perrar 1992).

## 3. Ergebnisse

Die Überprüfung der erwarteten Mediator- und Moderatoreffekte erfolgte unter Einsatz linearer sowie nicht-linearer Strukturgleichungsmodellen (Klein & Moosbrugger, 2000), deren Parameter mit Mplus 5.0 (Muthén & Muthén 2007) spezifiziert und geschätzt wurden. Abbildung 1 gibt die unstandardisierte Lösung der Parameterschätzung an.





**Abbildung 1:** Vollständige unstandardisierte Parameterlösung des moderierten Mediatormodells

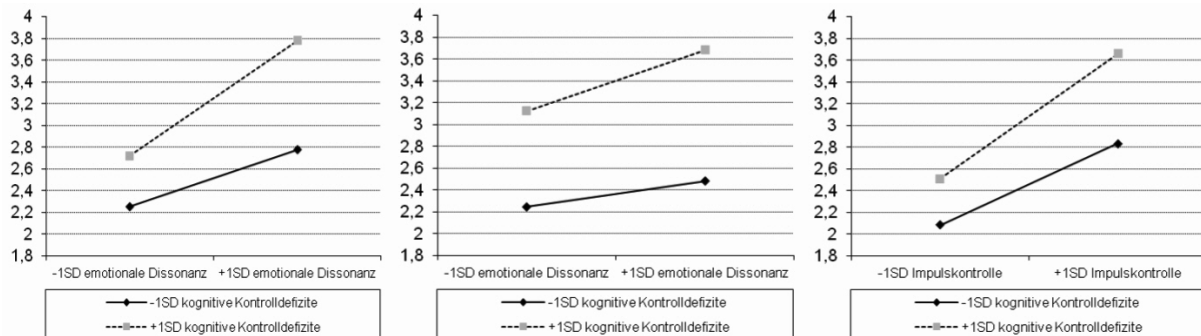
Die über die Bootstrapping-Methode (Cheung & Lau 2008) ermittelten indirekten Effekte bestätigen, dass der positive Zusammenhang zwischen geforderter Impulskontrolle und beiden Burnout-Dimensionen vollständig durch emotionale Dissonanz statistisch vermittelt wurde (Erschöpfung:  $\beta_{\text{indirekt}} = .25$ ;  $p < .01$ ;  $BC_a \text{ CI}_{95\%} = .16 - .34$ ; Depersonalisation:  $\beta_{\text{indirekt}} = .33$ ;  $p < .01$ ;  $BC_a \text{ CI}_{95\%} = .23 - .44$ ). Die Fit-Indizes des Mediatormodells liegen im empfohlenen Bereich ( $\chi^2 = 32.85$ ;  $df = 21$ ;  $p < .05$ ;  $RMSEA = .042$ ;  $CFI = .99$ ;  $SRMR = .021$ ). Demnach fand Hypothese 1 durch die Datenauswertung Bestätigung. In Übereinstimmung mit Hypothese 2 konnte ein signifikanter Interaktionseffekt ( $\Delta R^2 = .03$ ) zwischen geforderter Impulskontrolle und kognitiven Kontrolldefiziten in der Vorhersage der emotionalen Dissonanz nachgewiesen werden. Schließlich erreichten die sich auf die Wechselwirkung zwischen emotionaler Dissonanz und Kontrolldefiziten beziehenden Parameter in der Vorhersage von emotionaler Erschöpfung ( $\Delta R^2 = .01$ ) und Depersonalisation ( $\Delta R^2 = .04$ ) statistische Bedeutsamkeit (Hypothese 3). Der signifikante Log-Likelihood-Differenztest ( $\Delta -2LL(df_{\text{diff}}) = 13.76$  (3);  $p < .01$ ) lässt auf Interaktionseffekte in der zu Grunde liegenden Population schließen.

In Abbildung 2 sind alle drei signifikanten Interaktionen graphisch dargestellt. Wie diese Abbildung erkennen lässt, verstärken kognitive Kontrolldefizite die positiven Zusammenhänge zwischen geforderter Impulskontrolle und emotionaler Dissonanz sowie zwischen emotionaler Dissonanz und den beiden Burnout-Dimensionen.

#### 4. Diskussion

Die Befunde der vorliegenden Untersuchungen stimmen mit der theoretischen Vorstellung überein, dass die erfolgreiche Bewältigung von emotionaler Dissonanz den Einsatz von Kontrollprozessen erforderlich macht und eine begrenzte kognitive Ressource beansprucht. Wenn hingegen, wie häufig in der Literatur vermutet wurde

(Ashforth & Humphrey, 1993), emotionale Dissonanz einen aversiven Frustrationszustand darstellt, der über Bewertungsprozesse beanspruchungswirksam wird, so wären keine Interaktionseffekte zwischen emotionaler Dissonanz und kognitiven Kontrolldefiziten zu erwarten. Zudem konnte gezeigt werden, dass geforderte Impulskontrolle als emotionsbezogene Arbeitsanforderung nicht direkt mit Burnout im Zusammenhang steht, sondern über das Erleben von emotionaler Dissonanz ihre Beanspruchungseffekte entfaltet.



**Abbildung 2:** Wechselwirkungen zwischen kognitiven Kontrolldefiziten und Impulskontrollanforderung auf emotionale Dissonanz sowie zwischen kognitiven Kontrolldefiziten und emotionaler Dissonanz auf Burnout (links: emotionale Dissonanz, Mitte: emotionale Erschöpfung, rechts: Depersonalisation)

## 5. Literatur

1. Ashforth, B.E. & Humphrey, R.H. 1993, Emotional labor in service roles: The influence of identity, *Academy of Management Review*, 18, 88–115.
2. Broadbent, D.E., Cooper, P.F., FitzGerald, P. & Parkes, K. R. 1982, The Cognitive Failures Questionnaire (CFQ) and its correlates, *British Journal of Clinical Psychology*, 21, 1–16.
3. Büssing, A. & Perrar, K.M. 1992, Die Messung von Burnout. Untersuchung einer Deutschen Fassung des Maslach Burnout Inventory (MBI-D), *Diagnostica*, 38, 328–353.
4. Cheung, G.W. & Lau, R.S. 2008, Testing mediation and suppression effects of latent variables, *Organizational Research Methods*, 11, 296–325.
5. Cheung, F.-Y. & Tang, C.S. 2006, The influence of emotional dissonance and resources at work on job burnout among Chinese human service employees, *International Journal of Stress Management*, 14, 72–87.
6. Klein, A. & Moosbrugger, H. 2000, Maximum likelihood estimation of latent interaction effects with the LMS method, *Psychometrika*, 65, 457–474.
7. Muthén, L.K. & Muthén, B.O. 2007, *Mplus User's Guide*, 5. edition. Los Angeles: Muthén & Muthén.
8. Neubach, B. & Schmidt, K.-H. 2006, Haupt- und Interaktionseffekte von Selbstkontrollanforderungen und Kontrolldefiziten auf Indikatoren der Arbeitsbeanspruchung, *Zeitschrift für Arbeitswissenschaft*, 60, 34–46.
9. Neubach, B. & Schmidt, K.-H. 2006, Selbstkontrolle als Arbeitsanforderung - Rekonzeptualisierung und Validierung eines Messinstruments, *Zeitschrift für Arbeits- und Organisationspsychologie*, 50, 103–109.
10. Schmeichel, B.J., Volokhov, R. & Demaree, H. A. 2008, Working memory capacity and the self-regulation of emotional expression and experience, *Journal of Personality and Social Psychology*, 95, 1526–1540.
11. Van der Linden, D., Keijsers, G.J.P., Eling, P. & van Schaijk, R. 2005, Work-related stress and attention to action: An initial study on burnout and executive control, *Work & Stress*, 19, 1–14.
12. Zapf, D., Vogt, C., Seifert, C., Mertini, H. & Isic, A. 1999, Emotion work as a source of stress: The concept and development of an instrument, *European Journal of Work and Organizational Psychology*, 8, 371–400.

# Bedingungsbezogene Analyse und Bewertung von Handelstätigkeiten mit dem TA-DD

Kristin GILBERT

*Arbeitsgruppe „Wissen-Denken-Handeln“, TU Dresden,  
Chemnitzer Straße 46b, D-01187 Dresden*

**Kurzfassung:** Es wird das Verfahren TA-DD (Tätigkeitsanalyse für den distributiven Dienstleistungsbereich; Gilbert et al. 2009) vorgestellt. Das TA-DD dient der bedingungsbezogenen Analyse, Bewertung und Gestaltung von Tätigkeiten im Handel und wird im Rahmen eines DFG-Projekts (LO-1173-2) entwickelt und evaluiert. Das Verfahren berücksichtigt neben einzelhandelsspezifischen Arbeitsanforderungen auch sozioemotionale Belastungen (z.B. Anforderungen an die Emotionsarbeit: „Service with a smile“, Hochschild 1983). Es können sowohl rein monologische Tätigkeiten, z.B. im Lager, als auch dialogische Tätigkeiten, wie im persönlichen Verkauf, voranging durch Beobachtungsinterviews, untersucht werden. Führungskräfte können aus der Stufung der objektiven Tätigkeitsmerkmale gleichzeitig die Optimalausprägung sowie die entsprechende Gestaltungsempfehlung ablesen. Zusätzlich unterstützt ein Manual die Auswahl und Durchführung von konkreten Gestaltungsmaßnahmen. Das TA-DD kann somit auch als praktikables Hilfsmittel zur Beurteilung und Gestaltung psychischer Belastungen im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung eingesetzt werden (ArbSchG §4 und §5). Zur Evaluierung des TA-DD wurden bisher N=30 Arbeitsplätze im Handel untersucht. Zusammenhänge zwischen den untersuchten Tätigkeitsmerkmalen und kurz- sowie langfristigen Beanspruchungsfolgen (Gesundheit, Burnout und Arbeitszufriedenheit) wurden aufgezeigt.

**Schlüsselwörter:** TA-DD, Handel, Verfahren, Arbeitsanalyse.

## 1. Einleitung

### 1.1. Handel und Handelstätigkeiten

Im Jahr 2007 waren in Deutschland etwa 2,7 Millionen Menschen bzw. 10% aller abhängig Beschäftigten im Einzelhandel tätig (HDE-Zahlenspiegel 2007). Damit ist der Handel nicht nur einer der bedeutendsten Wirtschaftszweige, sondern auch einer der wichtigsten Arbeitgeber in Deutschland. Zahlreiche Studien berichten von besonderen Stressoren im Handel, darunter über lange, atypische und unregelmäßige Arbeitszeiten, eine dünne Personaldecke, hohen Zeitdruck und eine hohe Arbeitsplatzunsicherheit (z.B. Richter 2003; Zülch & Stock 2003; Möll & Hilf 2004). Zudem können sich aus dem Umgang mit Kunden soziale und emotionale Anforderungen ergeben, zum Beispiel an die Emotionsregulation der Beschäftigten („Service with a smile“, z.B. Hochschild 1983; Grandey 2003).

## 1.2. Anforderungen an das zu entwickelnde Verfahren

An die im Rahmen eines DFG-Projekts (LO-1173-2) zu entwickelnde Methode werden folgende Anforderungen gestellt: Erstens sollen neben den allgemein gültigen Merkmalen gut gestalteter Aufgaben (z.B. DIN EN ISO 10075-2; DIN EN ISO 6385, in Hacker 2009) die oben umrissenen einzelhandelsspezifischen und sozioemotionalen Belastungen erfasst werden. Zweitens soll die Methode der Verhältnisprävention dienen, d.h. primär an den Arbeitsbedingungen ansetzen und beispielsweise im Rahmen der gesetzlich geforderten Gefährdungsbeurteilung (ArbSchG §4 und §5, in Gruber et al. 2008) zur bedingungsbezogenen Beurteilung psychischer Belastungen einsetzbar sein. Gefordert wird drittens, dass die Methode so gestaltet ist, dass sowohl rein monologische Tätigkeiten, z.B. im Lager, als auch dialogische Tätigkeiten, z.B. im Verkauf oder an der Kasse, analysiert, bewertet und gestaltet werden können. Es wird viertens angestrebt, dass das Verfahren von Führungskräften einsetzbar ist. Nicht zuletzt sollte das Verfahren die Ableitung von Gestaltungsempfehlungen ermöglichen.

Hauptaugenmerk liegt auf der Praxistauglichkeit des Verfahrens, welche eine gute Verständlichkeit der Itemformulierungen, intuitive Durchführung und Auswertung sowie ein angemessenes Aufwand-Nutzen-Verhältnis voraussetzt.

## 2. Das Verfahren TA-DD

### 2.1 Aufbau

Das TA-DD (Tätigkeitsanalyse für den distributiven Dienstleistungsbereich) besteht aus 66 zwei- bis sechsstufigen Items, die sich in folgende sieben inhaltlich gruppierte Merkmalsbereiche gliedern:

- Organisatorische und zeitliche Ausführungsbedingungen,
- Arbeitsumgebung,
- Arbeitsaufgaben,
- Rückmeldungen und Information,
- Zusammenarbeit,
- Handlungsspielräume und
- Lern- und Entwicklungsmöglichkeiten.

Der Itemstamm ist als Frage formuliert, während die Antwortmöglichkeiten aus Stichpunkten (und ggf. einer zusätzlichen kurzen Erklärung) bestehen (vgl. Abbildung 1). Alle Items, mit Ausnahme von drei Filterfragen, sind so konstruiert, dass links die schlechtmögliche Ausprägung des Merkmals und rechts die optimale Ausprägung des Merkmals verankert sind. Dadurch können durch die weiter rechts stehenden Merkmalsausprägungen sofort Gestaltungsmöglichkeiten abgeleitet werden, was der geforderten Einheit von Analyse, Bewertung und Gestaltung bei Arbeitsanalysen (vgl. Dunckel 1999) entgegen kommt und eine hohe Praktikabilität gewährleistet.

2.3 Wie viele Störungen treten während einer Pause durchschnittlich auf? (z.B. Telefon klingelt, Kunden müssen bedient werden)		
<input type="checkbox"/> <u>mehr als zwei</u> Störungen	<input type="checkbox"/> <u>ein bis zwei</u> Störungen	<input type="checkbox"/> <u>keine</u> Störung

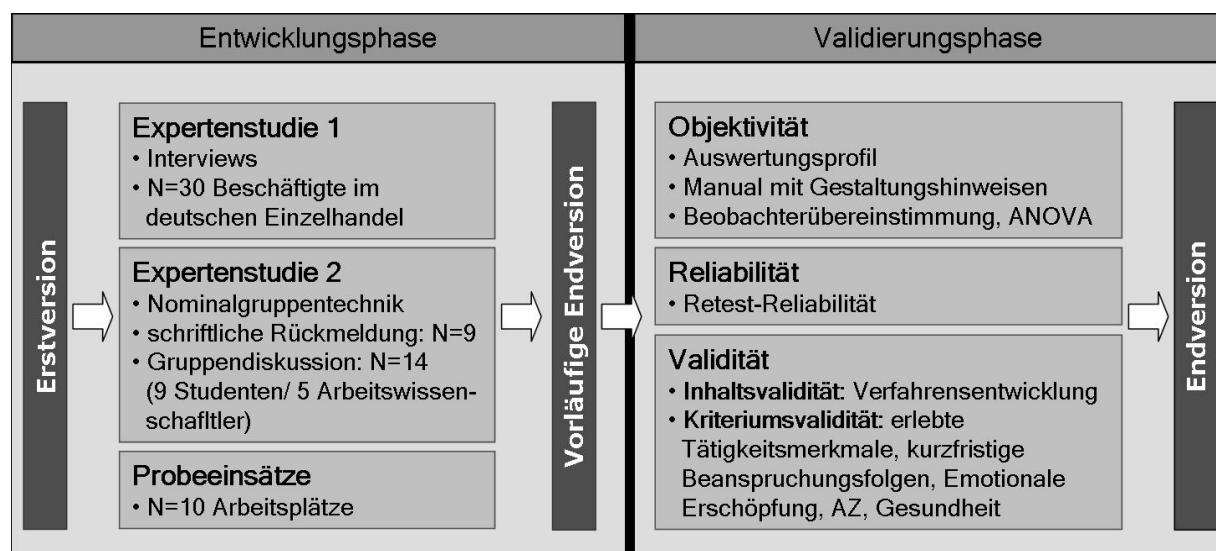
**Abbildung 1:** Beispielitem des TA-DD

Analyse und Bewertung werden vorgenommen, indem die Führungskraft entweder einen Beschäftigten, oder mehrere Beschäftigte, welche die gleiche Tätigkeit ausführen, bei der Tätigkeitsausführung beobachtet. Zudem sollen Dokumente zur Analyse herangezogen werden, wie beispielsweise das Unternehmensleitbild, Stellenbeschreibungen oder Personaleinsatzpläne. Ergänzend können Beschäftigte hinsichtlich derzeit nicht-beobachtbarer Sachverhalte befragt werden. Die Führungskraft nutzt das Verfahren als Checkliste bzw. Beobachtungsleitfaden für die Analyse. Je nach Wissen der Führungskraft um die beobachtete Arbeitstätigkeit, Erfahrung mit Beobachtungsbögen, Vorwissen in Arbeitsanalysen usw. dauert die Analyse eines Arbeitsplatzes nach bisherigen Erfahrungen etwa zwischen 45 und 90 Minuten.

Es ist eine Auswertung mittels Profiltbogen im Ampelprinzip angedacht, wobei die Farben grün (unkritische Ausprägung), gelb (kritische Ausprägung ohne sofortigen Handlungsbedarf) und rot (kritische Ausprägung mit sofortigem Handlungsbedarf) die Dringlichkeit von Interventionsmaßnahmen im jeweiligen Merkmalsbereich anzeigen. Im Manual werden zudem mögliche Schritte zur Gestaltung derjenigen Teilaspekte beschrieben, welche Gestaltungsdefizite aufweisen.

## 2.2 Verfahrensentwicklung und –validierung

Auf Basis von Literaturrecherchen zu (arbeits-)wissenschaftlichen Theorien, empirischen Ergebnissen sowie existierenden DIN-Normen (z.B. DIN EN ISO 6385-3 2004; DIN EN ISO 10075-2) entstand eine Erstversion des Verfahrens. Diese wurde in drei Teilstudien der Entwicklungsphase erprobt, bewertet und verbessert. Diese Studien der Verfahrensentwicklung dienten zugleich der Prüfung und Sicherung der Inhaltsvalidität. Durchgeführt wurden erstens Experteninterviews mit Beschäftigten im Einzelhandel (N=30), zweitens Gruppendiskussionen mit arbeitswissenschaftlich (vor-)gebildeten Personen (N=14) und drittens zehn Probeeinsätze der Vorform des Verfahrens (vgl. Abbildung 2). Das TA-DD wurde in allen drei Studien auf Vollständigkeit, Verständlichkeit sowie Itemabstufungen geprüft und auf Grundlage der Ergebnisintegration der drei Teilstudien modifiziert.



**Abbildung 2:** Entwicklung und Validierung des TA-DD



Im zweiten Schritt, der Verfahrensvalidierung, wird das bis hierhin entstandene Verfahren anhand der Kriterien Validität, Reliabilität, Objektivität abschließend evaluiert (vgl. hierzu Oesterreich & Bortz 1994).

Bisher wurden N=30 Arbeitsplätze im Handel bezüglich der Kriteriumsvalidität untersucht. Signifikante Zusammenhänge zwischen den untersuchten Tätigkeitsmerkmalen und kurzfristigen Beanspruchungsfolgen (wie Ermüdung, Monotonie, Sättigung) sowie zwischen den untersuchten Tätigkeitsmerkmalen und langfristigen Beanspruchungsfolgen (Gesundheit, Burnout und Arbeitszufriedenheit) wurden aufgezeigt.

Der in der Entwicklungsphase theoretisch erstellte und praktisch geprüfte Itemsatz des TA-DD scheint nach bisherigem Kenntnisstand den Anforderungen an ein valides Instrument zur Analyse und Bewertung von Handelstätigkeiten zu genügen. Umfassende Validierungsuntersuchungen werden derzeit durchgeführt.

### 3. Literatur

1. DIN EN ISO 10075-2 2000, Ergonomische Grundlagen bezüglich psychischer Arbeitsbelastung - Teil 2: Gestaltungsgrundsätze. Berlin: Beuth.
2. DIN EN ISO 6385 2004, Grundsätze der Ergonomie für die Gestaltung von Arbeitssystemen - Teil 3: Gestaltung von Arbeitssystemen. Berlin: Beuth.
3. Dunckel, H. 1999, Psychologische Arbeitsanalyse: Verfahrensüberblick und Auswahlkriterien. In: H. Dunckel (Hrsg.), Handbuch psychologischer Arbeitsanalyseverfahren. Zürich: vdf Hochschulverlag, S. 9-30.
4. Gilbert, K., Winkelmann, C. & Hacker, W. 2009, Bedingungsbezogene Analyse der Arbeitsanforderungen im distributiven Dienstleistungsbereich. In: C. Korunka, E. Kirchler & H. Ulferts (Hrsg.), Entscheidungen und Veränderungen in Arbeit, Organisation und Wirtschaft, 6. Tagung der Fachgruppe Arbeits- und Organisationspsychologie der Deutschen Gesellschaft für Psychologie. Wien: Facultas, S. 97.
5. Grandey, A. 2003, When the "show must go on": Surface acting and deep acting as determinants of emotional exhaustion and peer-rated service delivery, *Academy of Management Journal*, 46, 86-96.
6. Gruber, H., Kittelmann, M. & Mierdel, B. 2008, Leitfaden für die Gefährdungsbeurteilung. Bochum: Verlag Technik und Information.
7. HDE-Zahlenspiegel 2007, Beschäftigte im Einzelhandel. 2007. Im Internet verfügbar unter: <http://www.einzelhandel.de/servlet/PB/-s/snl3ue826y1f1I9jqlh0llhctjcj5/menu/1001736/index.html>
8. Hochschild, A. 1983, *The Managed Heart: Commercialization of Human Feeling*. Berkeley: University of California Press.
9. Möll, G. & Hilf, E. 2004, Auf der Suche nach der flexiblen Zeit, Abschlussbericht für das Modellprojekt „Arbeitszeitgestaltung im mittelständischen Einzelhandel“, Beiträge aus der Forschung, Band 145. Dortmund: Sozialforschungsstelle.
10. Oesterreich, R. & Bortz, J. 1994, Zur Ermittlung der testtheoretischen Güte von Arbeitsanalyseverfahren, *ABO aktuell – Psychologie für die Wirtschaft*, 1 (3), 2.
11. Richter, G. 2003, Psychische Belastung im Handel. In: BAUA (Hrsg.), *Psychische Belastung in der Dienstleistungsbranche – am Beispiel Einzelhandel*. Bremerhaven: Verlag für neue Wissenschaften, S. 7-13.
12. Zülch, G. & Stock, P. 2003, Belastungen und Beanspruchungen der Mitarbeiter im Einzelhandel – Aktuelle Forschungsergebnisse und Empfehlungen aus dem FAZEM-Projekt. In: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (Hrsg.), *Psychische Belastung in der Dienstleistungsbranche – am Beispiel Einzelhandel*, Workshop am 01.10.2003 in Dresden. Bremerhaven: Verlag für Neue Wissenschaft GmbH, S. 24-37.



# Entwicklung einer Methode zur Beurteilung psychosozialer Belastungen in der öffentlichen Verwaltung mit Bürgerkontakt

Anja KÖHLER

*Arbeitsgruppe „Wissen-Denken-Handeln“,  
Technische Universität Dresden, Chemnitzer Straße 46 b, D-01062 Dresden*

**Kurzfassung:** Vorgestellt wird die Entwicklung und das Evaluationskonzept eines Verfahrens zur Beurteilung psychosozialer Belastungen in der öffentlichen Verwaltung mit dem Ziel der gleichzeitigen Bewertung, Analyse und Gestaltung der Tätigkeiten.

**Schlüsselwörter:** Gefährdungsbeurteilung, psychosoziale Belastung, Kundenkontakt, Verwaltung.

## 1. Einleitung

### 1.1 Arbeitsanforderungen von Tätigkeiten in der öffentlichen Verwaltung

Die moderne Arbeitswelt ist durch eine zunehmende Flexibilisierung, Arbeits- und Informationsverdichtung gekennzeichnet (Seiler & Splittberger 2009). Geistige Tätigkeiten, v. a. in den personenbezogenen Dienstleistungen, nehmen zu. Damit verbunden wächst die Bedeutung der psychosozialen Arbeitsbelastung für Leistung und Gesundheit der Beschäftigten. Insbesondere Beschäftigte mit Bürgerkontakt unterliegen dem steten Anspruch an ein freundliches, kundenorientiertes Verhalten und müssen ein hohes Maß an Emotionsarbeit (vgl. Hochschild 1983; Zapf 2002) aufbringen. Hier liegt eine zunehmende Arbeitsverdichtung aufgrund wachsender Fallzahlen vor. Zugleich wird die fallspezifische Informationsmenge größer. Die Komplexität und Vielschichtigkeit eines kundenbezogenen Falls und der damit verbundene Zeitumfang nehmen zu. Weiterhin arbeiten die Beschäftigten oft im Spannungsfeld zwischen den Erwartungen der Bürger und den gesetzlichen Vorgaben und dienstlichen Vorschriften. Aus diesem Grundkonflikt heraus werden Beschäftigte des öffentlichen Dienstes, die durch ihre Arbeit in Kontakt mit Bürgern kommen, häufig mit deren negativen Emotionen konfrontiert (von Krause 2004). Nicht selten entladen sich die Aggressionen der Bürger gegenüber den Beschäftigten. Im Vergleich zu anderen Branchen zeigt sich, dass die öffentliche Verwaltung beim Krankenstand einen Spitzenplatz belegt. Die Zahl der psychischen Erkrankungen steigt an. Die meisten Fehltag aufgrund psychischer Beschwerden verzeichnen die Statistiken bei Banken und Versicherungen sowie in der öffentlichen Verwaltung (Heyde et al. 2009). Die Beschäftigten des Dienstleistungssektors geben an, zunehmend stark von psychischen Belastungen wie hohem Zeitdruck, hoher Verantwortung, der zu leistenden Arbeitsmenge und Umstrukturierungsmaßnahmen betroffen zu sein (Figgen & Seiler 2009). Hingegen zeigt sich die Belastung durch körperliche Zwangshaltungen oder Lärm als tendenziell gleichbleibend oder rückläufig.

### 1.2 Anforderungen an das zu entwickelnde Verfahren

Dementsprechend verlangt die Praxis für die Präventionsarbeit effiziente, prakti-

kable Methoden zur Gefährdungsbeurteilung psychosozialer Gesundheitsrisiken. Die entsprechenden Arbeitsanforderungen werden bisher, vor allem in der Arbeit mit Bürgern, mit den derzeitigen psychologischen Methoden ungenügend erfasst und gestaltet (von Krause 2004). Sie werden meist in Form von schriftlichen Befragungen durchgeführt, die durch eine aufwendige Auswertung und geringe Rücklaufquoten charakterisiert sind.

Ziel des von der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung geförderten Projektes ist daher die Entwicklung eines bedingungsbezogenen, praktikablen Verfahrens zur Beurteilung psychosozialer Belastung in der öffentlichen Verwaltung. Dieses Verfahren soll im Rahmen von Beobachtungsinterviews als Handlungsanleitung einsetzbar sein und für die gesetzlich geforderte Gefährdungsbeurteilung (ArbSchG 1996) im Arbeitsprozess ein erweiterndes Modul darstellen, das die vorhandenen Richtlinien zur technischen Sicherheit und zur ergonomischen Gestaltung des Arbeitsplatzes sowie des Arbeitsumfeldes (z. B. Lärm, Klima, Beleuchtung) ergänzt. Durch seine Bedingungsbezogenheit zielt es in Bezug auf Gestaltungs- und Veränderungsmöglichkeiten primär auf die Verhältnisprävention ab, ohne dabei die Verhaltensprävention ausgrenzen zu wollen. Dennoch ist es Ziel, die Belastungsbedingungen für Mitarbeiter so zu gestalten, dass Fehlbeanspruchungen und deren negative Konsequenzen vermieden werden (vgl. Nachreiner 2009).

Neben der Arbeitsplatzanalyse soll mittels des Verfahrens eine gleichzeitige Bewertung des Arbeitsplatzes möglich gemacht werden. Außerdem sollen Gestaltungshinweise abgeleitet werden können. Die perspektivische Zielsetzung ist es, dass dieses Verfahren später nicht nur als Expertenverfahren Einsatz findet, sondern als partizipatives Verfahren zur Selbstanwendung durch Führungskräfte oder Beschäftigte genutzt werden kann.

## 2. Beschreibung des entwickelten Verfahrens

Das zu entwickelnde Verfahren ist in Form von Beobachtungsinterviews (vgl. Kuhlmann 2002) durchgeführt. Diese Vorgehensweise beinhaltet eine Kombination aus Dokumentenanalyse (z. B. Stellenbeschreibung), Beobachtung und Befragung. Der Untersucher begleitet den jeweiligen Arbeitsplatzinhaber und beobachtet ihn während der Durchführung seiner Tätigkeit. Die durch Beobachtung gewonnenen Daten werden durch Erfragen einzelner, nicht bzw. schwer beobachtbarer Informationen ergänzt. Je nach Vorwissen und Erfahrung des Beobachters dauert das Beobachtungsinterview ca. 45 bis 90 Minuten. Das Verfahren besteht aus 84 zwei- bis sechsfach gestuften Items, welche sich in acht Merkmalskomplexe gliedern:

- Rahmenbedingungen in der Organisation
- Organisatorische und technische Bedingungen des Arbeitsplatzes
- Ausgeführte Aufgaben
- Information, Rückmeldung, Kommunikation
- Zeitliche Ausführungsbedingungen
- Beeinflussbarkeit des Arbeitsprozesses
- Psychische Anforderungen
- Maßnahmen zur Gesundheitserhaltung und -förderung

Weiterhin stellt das Verfahren den Merkmalskatalog der objektiven Arbeitsanforderungen als qualitative Beurteilungsskalen dar, deren Optimalausprägungen die präventive und wirtschaftlich erstrebenswerte Gestaltung der Arbeitsprozesse beschreiben. Das Gestaltungsoptimum ist stets auf der rechten Seite der Skalen ab-

zulesen, während links die ungünstigste Ausprägung der Merkmale angezeigt wird (vgl. Abbildung 1). Dadurch sollen Gestaltungserfordernisse und möglichkeiten sofort erkennbar werden. Die Auswertung des Beobachtungsinterviews erfolgt hinsichtlich der Skalen mittels eines Profils, welches über die verschiedenen Merkmalskomplexe hinweg darstellt, ob sich die Arbeitsplatzmerkmale im ungünstig oder günstig gestalteten Bereich befinden.

2.1.2 Arbeitszeitregelung			
Arbeit auf Abruf	unregelmäßige Arbeitszeiten	regelmäßige Arbeitszeiten <u>festgesetzte Arbeitszeit</u> ohne Spielraum	regelmäßige Arbeitszeiten <u>Gleitzeit</u> mit Kernarbeitszeit

**Abbildung 1:** Beispielitem

Die einzelnen Skalen bzw. Items sind in einer untersucherfreundlichen, sachlogischen Reihenfolge angeordnet, um die Untersuchung zu erleichtern. Eingesetzt werden soll das Instrument von im Arbeitsschutz tätigen und arbeitswissenschaftlich vorgebildeten Personen, wie z. B. von Aufsichtspersonen und Fachleuten der gesetzlichen Unfallversicherungsträger, der staatlichen Unfallschutzbehörden, aber auch von Unternehmen/Einrichtungen/Institutionen selbst – von Führungskräften mit Unterstützung durch Sicherheitsfachkräfte, Betriebsärzte und weitere Fachleute.

### 3. Entwicklung und Evaluation des Verfahrens

Die Entstehung des Verfahrens gliedert sich in zwei Abschnitte: die Verfahrensentwicklung und die Validierung.

Zur Verfahrensentwicklung wurde auf Basis umfangreicher Literaturrecherchen in der nationalen wie auch internationalen Literatur und der Untersuchung bereits bestehender arbeitsanalytischer Verfahren ein erster Merkmalssatz für das zu entwickelnde Verfahren erstellt. Dabei fanden die in den Normen (DIN EN ISO 6385, 9241-2 und 10075 2) enthaltenen Merkmale gut gestalteter Arbeit Berücksichtigung. Ausgehend von Ergebnissen aus der eigenen Arbeitsgruppe (Melzer 2007; Stab 2008) wurde der Merkmalssatz durch spezifische Anforderungen von Arbeitstätigkeiten in Dienstleistungen mit häufigem Bürger- oder Kundenkontakt ergänzt und weiterentwickelt. Im Fokus lagen die emotionalen Anforderungen und die Emotionsarbeit, welche die Arbeitsplatzinhaber zu leisten haben. Ein erster Entwurf des Verfahrens wurde im Anschluss daran erstellt. Um einen repräsentativen Merkmalskatalog des Verfahrens zu gewährleisten, fanden weiterhin Befragungen und Gruppendiskussionen in Expertenrunden statt. Hierbei wurden die Vollständigkeit und Verständlichkeit des Merkmalssatzes, die Relevanz enthaltener sowie fehlender Merkmale diskutiert. Weiterhin konnten in verschiedenen Sachgebieten von Stadtverwaltungen 15 Arbeitsstudien als Beobachtungsinterviews durchgeführt werden, deren Ergebnisse ebenfalls in das Verfahren integriert wurden.

Die zweite Phase der Entstehung des Verfahrens dient zur Validierung der Methode. Als Bewertungskriterien werden die Gütekriterien für psychologische Untersuchungsverfahren (Objektivität, Reliabilität, Validität, Utilität) genutzt (vgl. Oesterreich & Bortz 1994). Hierfür fand ein Erprobungseinsatz des Verfahrens an verschiedenen Arbeitsplätzen statt. Neben dem Beobachtungsinterview wurden weitere Fragebögen

zur Erhebung von kurz-, mittel- und langfristigen Beanspruchungsfolgen eingesetzt. Außerdem wurden mögliche Moderatorvariablen wie Alter, Berufsalter und Geschlecht erhoben. Der Zusammenhang dieser Variablen mit den objektiv erfassten Arbeitsmerkmalen wird überprüft. Die Validierung an Kriterien soll über zwei Messzeitpunkte erfolgen und mittels Cross-Lagged-Panel-Design realisiert werden. Daher ist nach Abschluss des Erprobungseinsatzes und Auswertung des Datenmaterials ein Wiederholungseinsatz des Verfahrens vorgesehen, um abschließend endgültige Gütekriterien bestimmen zu können.

#### 4. Ergebnisse der Erprobungsstudie

Der erste Erprobungseinsatz des Verfahrens und die Erhebung der kurz-, mittel- und langfristigen Fehlbeanspruchungsfolgen konnte an 157 Arbeitsplätzen verschiedener Stadtverwaltungen in ostdeutschen Städten durchgeführt werden. Die Stichprobe besteht aus 146 Frauen und 11 Männern im Alter zwischen 21 und 61 Jahren ( $MW = 8,35$ ;  $SD = 7,78$ ). Dabei zeigten sich signifikante Zusammenhänge zwischen den erhobenen Tätigkeitsmerkmalen und den Beanspruchungsfolgen. Arbeitsplätze mit einer überwiegend ungünstigen Gestaltung der Tätigkeitsmerkmale wiesen beispielsweise einen höheren Anteil an Mitarbeitern mit kritischer Ausprägung an Emotionaler Erschöpfung auf als günstig gestaltete Arbeitsplätze.

#### 5. Literatur

1. Heyde, K., Macco, K. & Vetter, C. 2009, Krankheitsbedingte Fehlzeiten in der deutschen Wirtschaft im Jahr 2007. In: B. Badura, H. Schröder & C. Vetter (Hrsg.), Fehlzeitenreport 2008. Zahlen, Daten, Analysen aus allen Branchen der Wirtschaft. Berlin: Springer.
2. Figgen, M. & Seiler, K. 2009, Gesunde Arbeit NRW 2009. Düsseldorf: Landesinstitut für Gesundheit und Arbeit NRW.
3. Hochschild, A. 1983, *The Managed Heart: Commercialization of Human Feeling*. Berkeley: University of California Press.
4. Kuhlmann, M. 2002, Das Beobachtungsinterview als Methode der Organisationsforschung. *SOFI-Mitteilungen*, 30, 143-160.
5. Melzer, M. 2007, Merkmale „gut gestalteter Aufgaben“ bei interaktiven Tätigkeiten im Einzelhandel, Dissertationsschrift. Dresden: Technische Universität Dresden.
6. Nachreiner, F. 2009, Psychische Belastung, psychische Beanspruchung und deren Folgen, *ErgoMed*, 33, 134-138.
7. Seiler, K. & Splittberger, B. 2009, Psychische Risiken in modernen Arbeitswelten: Wie handlungsfähig ist der Arbeitsschutz?, *ErgoMed*, 33, 140-147.
8. Stab, N. 2009, Form und Wirkung der Arbeitsorganisation in der stationären Pflege. Erfahrungen für die Praxis. Saarbrücken: SVH.
9. Oesterreich, R. & Bortz, J. 1994, Zur Ermittlung der testtheoretischen Güte von Arbeitsanalyseverfahren, *ABO aktuell – Psychologie für die Wirtschaft*, 1, 2.
10. von Krause, J. 2004, Stress und Mobbing a. D. Betriebliche Gesundheitsförderung an kommunalen Arbeitsplätzen. München: Bayer-Gemeindeunfallversicherungsverband.
11. Zapf, D. 2002, Emotion Work and Psychological Well-being. A Review of the Literature and some conceptional considerations, *Human Resource Management Review*, 12, 237-268.

# Innovationsarbeit: Psychische Belastungen und ihre Auswirkungen auf die Gesundheit der Beteiligten

Horst KUNHENN, Thomas KLEY und Christina LÜCKE

*Institut für angewandte Innovationsforschung an der Ruhr-Universität Bochum,  
Buscheyplatz 13, D-44801 Bochum*

**Kurzfassung:** Innovationsprozesse sind mit vielfältigen Anforderungen verbunden, die als willkommene Herausforderung oder als belastende Faktoren empfunden werden können. Empirische Ergebnisse einer Querschnittsbefragung von 229 Führungskräften zeigen psychische Belastungsfaktoren von Innovationsarbeit. Am Beispiel des Konstruktes der „Vitalen Erschöpfung“ wird der Frage nachgegangen, welche gesundheitlichen Implikationen mit Innovationsarbeit für Beteiligte und Betroffene verbunden sind.

**Schlüsselwörter:** Innovation, psychische Belastung, Führungskräfte.

## 1. Ambivalente Innovationsarbeit

Um auf hypercompetitiven Märkten im Spannungsfeld von Kostenkonkurrenz und Innovationsdruck bestehen zu können, werden Veränderungsprozesse auf unterschiedlichen Unternehmensebenen vorangetrieben. Das Spektrum des Innovationsgeschehens reicht von der Entwicklung neuer Produkte und Dienstleistungen über veränderte Prozesse und Verfahren bis hin zur Einführung neuer Formen der (Arbeits-)Organisation (Tidd et al. 2001). Entwicklung, Umsetzung und Einführung des Neuen werden häufig als Innovationsprojekte parallel zu den Kernprozessen des Unternehmens, zusätzlich zu den Routineaufgaben des normalen Tagesgeschäftes, inszeniert (Kriegesmann & Kerka 2007).

Das Anforderungsprofil dieser projektförmigen Innovationsarbeit ist dabei einerseits geprägt durch vollständige, motivierende und herausfordernde Arbeiten. Andererseits stellen Veränderungsprozesse für die beteiligten und betroffenen Fach- und Führungskräfte „Heraus-Forderungen“ aus eingepprägten Routinen und bewährten Sicherheiten dar: Unsicherheit, ein nie auszuschließendes Risiko des Scheiterns innovativer Vorhaben, intensive Arbeitszeiten und zu überwindende Widerstände sind nur einige Bedingungen von Innovationsprozessen, die in der Stressforschung als psychische Belastungsfaktoren und arbeitsbedingte Auslöser gesundheitlicher Beeinträchtigungen beschrieben werden. Welche Folgen diese Faktoren haben können, zeigt eine Befragung unter 229 Innovationsarbeitern im Rahmen des vom BMBF geförderten Projektes PräGO (Präventives Gesundheitsmanagement durch integrierte Personal- und Organisationsentwicklung). Das Vorhaben der Projektpartner Institut für angewandte Innovationsforschung und Kliniken Essen-Mitte leistet einen Beitrag zur Schließung des Forschungsdefizites in diesem Bereich und zielt auf eine stärkere Verzahnung von betrieblichem Gesundheits- und Innovationsmanagement.

## 2. Das Untersuchungssample

Innovationsstress bezeichnet die Reaktionen auf neue Anforderungen im Rahmen



von Veränderungsprozessen und schließt sowohl positive als auch negative Effekte ein. Erste qualitative Untersuchungen im Rahmen von PräGO zeigten, dass intensive Arbeitszeiten, Unsicherheiten sowie die Parallelität von Innovationsarbeit und Tagesgeschäft für die beteiligten und betroffenen Führungskräfte als dominante Stressoren eingeschätzt werden (Kriegesmann et al. 2008).

Zur weiteren Differenzierung des Phänomens Innovationsstress und seiner Folgen wurde eine standardisierte schriftliche Querschnittsbefragung durchgeführt, an der sich 229 Führungskräfte beteiligten. Die Befragten wurden gebeten, auf einen spezifischen Innovationsprozess Bezug zu nehmen und Auskunft über empfundene Belastungen, hilfreiche Ressourcen und Stressreaktionen zu geben. Auswirkungen auf das Wohlbefinden der Befragten wurden über eine Skala zur „Vitalen Erschöpfung“ (Apfels 2004) erhoben.

Bei den 229 Führungskräften handelt es sich um 190 Männer und 39 Frauen mit einem durchschnittlichen Alter von 47 Jahren. Rund 36% berichteten über einen Reorganisations- oder Changeprozess, jeweils knapp über 20% waren in die Entwicklung neuer Produkte bzw. Dienstleistungen, in die Weiterentwicklung von Produkten bzw. Dienstleistungen sowie in die Implementierung von neuen Prozessen und Verfahren involviert.

### **3. Gesundheitliche Implikation von Innovationsarbeit**

#### *3.1 Psychische Belastungen in Innovationsprozessen*

Innovationen und Change Prozesse sind mit zahlreichen psychischen Belastungen verbunden. Unter psychischen Belastungen verstehen wir dabei alle Einflüsse, die von außen auf die Beschäftigten in Innovationsprozessen zukommen und psychisch auf sie einwirken (in Anlehnung an DIN EN ISO 10075). Ob unter diesen Einflüssen gelitten wird, ob aus den mit Innovationsarbeit verbundenen Herausforderungen Kompetenzentwicklung resultiert oder sich negative Stressfolgen verfestigen und zu Beeinträchtigungen des Wohlbefindens führen, ist nicht nur von Person zu Person unterschiedlich, sondern auch von der Situation und den zur Verfügung stehenden Ressourcen abhängig (Mohr & Semmer 2002).

Welche Belastungsfaktoren werden im Kontext von Innovationsprozessen aus Sicht der befragten Führungskräfte hervorgehoben? In unserem Untersuchungssample sind hier exemplarisch Unklarheiten bei der Umsetzung des Innovationsprozesses, die Abhängigkeit von anderen Akteuren sowie das „vor vollendete Tatsachen gestellt werden“ zu nennen. Diese Faktoren empfinden jeweils knapp über 40% der Befragten als belastend. Auch die durch neue Kommunikationstechnologien stetig steigende Informationsflut zählt dazu. Jeweils rund 39% der Führungskräfte fühlen sich durch Verzögerungen im Projektverlauf und unklare Zuständigkeiten belastet. Neben den Belastungen durch die Arbeitstätigkeit und die Arbeitsorganisation kommen auch Belastungen durch soziale Stressoren hinzu, die gerade für das subjektive Wohlbefinden von hoher Relevanz sind. Als belastende Stressoren empfinden die Befragten z.B. interne Widerstände gegen die Innovation (43%) sowie mangelnde Rückendeckung durch die/den Vorgesetzte(n) (31%).

#### *3.2 Vitale Erschöpfung als Folge der psychischen Belastungen*

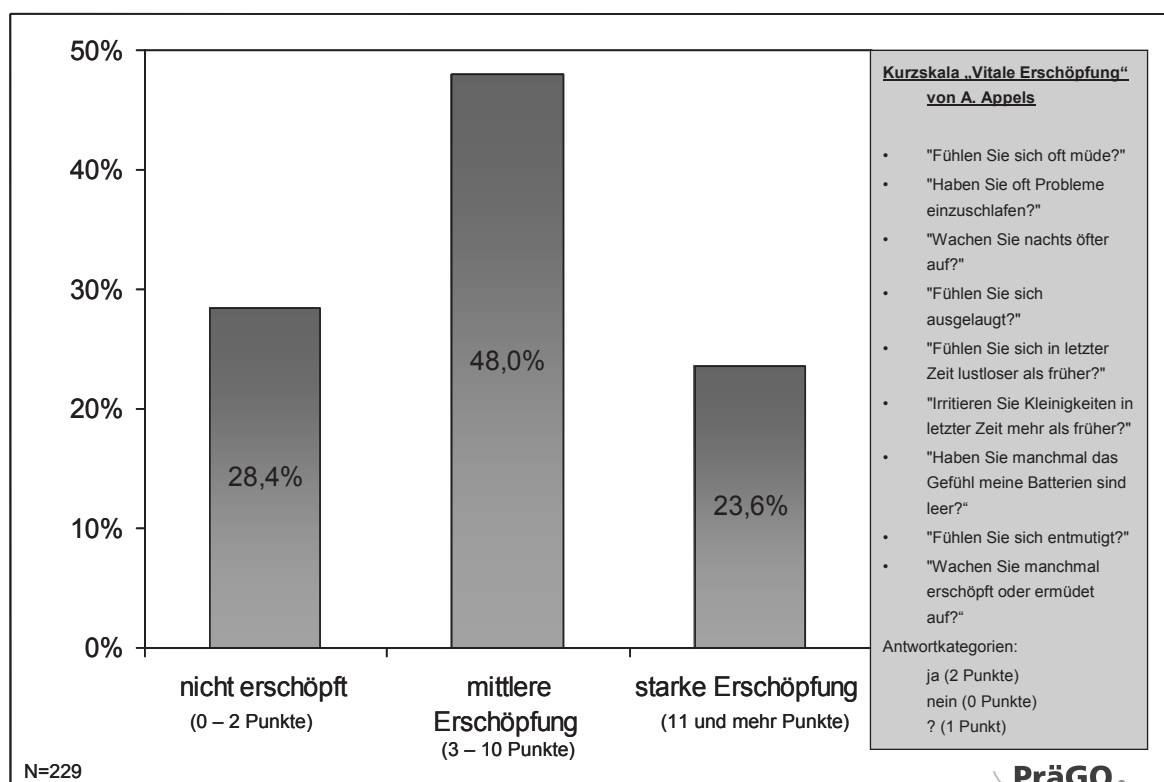
Der Frage, welche gesundheitlichen Implikationen mit Innovationsarbeit für die Be-



teiligten verbunden sind, wurde anhand des Konstruktes der „Vitalen Erschöpfung“ nachgegangen. Dieses Syndrom ist definiert durch ein Gefühl von exzessiver Müdigkeit und Energiemangel, erhöhter Reizbarkeit, Demoralisierung und Entmutigung (Appels 2004). Es ist ein Zustand, in den Menschen geraten, wenn ihre Ressourcen zur Stressadaption erschöpft sind. Man schreibt diese Gefühle oft einer Überarbeitung oder Problemen im Zusammenhang mit der Arbeit oder in anderen Lebensbereichen zu, welche die Betroffenen nicht lösen können.

In unserer Befragung wurde eine adaptierte Version des „Maastrichts Vital Exhaustion Questionnaire“ mit einer Auswahl von neun der insgesamt 23 Items verwendet, die als repräsentativ für das Konstrukt Vitale Erschöpfung gelten (Kopp et al. 1998).

Folgt man der Einteilung von Preckel et al. (2005) sind rund 28% der befragten Führungskräfte als „nicht erschöpft“ zu klassifizieren (vgl. Abbildung 1), 48% sind als „mildly to moderately exhausted“ einzuordnen, nahezu ein Viertel der Führungskräfte ist stark erschöpft („clinically exhausted“). Die Vitale Erschöpfung der in Innovations- und Changeprozessen tätigen Führungskräfte dieser Stichprobe ist damit durchschnittlich etwas geringer ausgeprägt als in der angegebenen Studie, deren Population einen Führungskräfteanteil von gut 19% aufweist (Preckel et al. 2005).



**Abbildung 1:** Vitale Erschöpfung bei Führungskräften in Innovationsprozessen

Zwischen den erhobenen organisationalen bzw. sozialen psychischen Belastungen und der Vitalen Erschöpfung sind in unserem Untersuchungssample statistisch signifikante Zusammenhänge erkennbar. Untersuchungen zum Zusammenhang von Herz-Kreislauferkrankungen und Symptomen vitaler Erschöpfung zeigen, dass hohe Werte bei der vitalen Erschöpfung mit einem zwei- bis dreifach erhöhtem Risiko für einen Herzinfarkt (Schuitemaker et al. 2004) oder einen Schlaganfall einhergehen. Vor diesem Hintergrund verdeutlichen die empirischen Ergebnisse den einschlägigen

Handlungsbedarf: Neben den „stark erschöpften“ Führungskräften ist insbesondere die Gruppe der „moderat erschöpften“ Innovationsarbeiter im Rahmen von personen- und bedingungsbezogenen Interventionen zu adressieren.

#### 4. Innovationsprozesse nachhaltig gestalten

Dass die Innovationsfähigkeit von Unternehmen auf Kreativität und Engagement der Fach- und Führungskräfte beruht, stiftet raschen Konsens: Innovationen werden von Menschen gemacht. Die Ergebnisse von PräGO zeigen aus der umgekehrten Perspektive, was Innovationen mit beteiligten und betroffenen Menschen machen können.

Damit die Innovationsfähigkeit von motivierten Beschäftigten erhalten, genutzt und gefördert wird, ist sowohl an den organisatorischen Rahmenbedingungen als auch am individuellen Verhalten der Beteiligten anzusetzen. Eine Sensibilisierung von Führungskräften für den Umgang mit Vitaler Erschöpfung sowohl bei sich selbst als auch bei den Mitarbeitern stellt einen wichtigen Aspekt einer gesunden Innovationskultur dar. Damit Innovationsarbeiter keine Erschöpfungskrise erleiden und dauerhaft innovative Beiträge für ihr Unternehmen erbringen können, sollte der Einübung von Selbstwahrnehmungs-, Reflexions- und Regenerationskompetenzen schon in der Führungskräfteentwicklung ein Platz zugewiesen werden.

Auch die Rahmenbedingungen von Innovationsprozessen sind gesundheitsgerechter und ressourcenschonender zu gestalten. Neben den drei klassischen Faktoren des Projektmanagements, Zeit, Kosten und Qualität, sollte hier auch der Aspekt der Gesundheit nicht vernachlässigt werden. Denn nur wer physisch und psychisch leistungsfähig ist, kann auch innovativ sein.

#### 5. Literatur

1. Appels, A. 2004, Exhaustion and coronary heart disease: the history of a scientific quest, *Patient Education and Counseling*, 55, 223-229.
2. Dobos, G., Altner, N. & Paul, A. 2006, Mechanismen und klinische Relevanz von Stress, *Bundesarbeitsblatt*, 11, 20-26.
3. Kopp, M.S., Falger, P.R.J., Appels, A. & Szedmak, S. 1998, Depressive Symptomatology and Vital Exhaustion are Differentially Related to Behavioral Risk Factors for Coronary Artery Disease, *Psychosomatic Medicine*, 60, 752-758.
4. Kriegesmann, B. & Kerka, F. (Hrsg.) 2007, *Innovationskulturen für den Aufbruch zu Neuem*, Wiesbaden: DUV.
5. Kriegesmann, B., Kley, T., Thomzik, M., Lücke, C., Göttel, S., Paul, A., Altner, N. & Lange, S. 2008, *Führungskräfte im Innovationsstress: Neue Herausforderungen für die betriebliche Gesundheitsförderung*. Bochum: Institut für angewandte Innovationsforschung.
6. Mohr, G. & Semmer, N.K. 2002, Arbeit und Gesundheit: Kontroversen zu Person und Situation, *Psychologische Rundschau*, 53, 77-84.
7. Preckel, D., Känel, R., Kudielka, B.M. & Fischer, J.E. 2005, Overcommitment to work is associated with vital exhaustion, *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 78, 117-122.
8. Schuitemaker, G.E., Dinant, G.J., Van der Pol, G.A. & Appels, A. 2004, Assessment of Vital exhaustion and Identification of Subjects at Increased Risk of Myocardial Infarction in General Practice, *Psychosomatics*, 45, 414-448.
9. Tidd, J., Bessant, J. & Pavitt, K. 2001, *Managing Innovation*, 2nd edition. Chichester: John Wiley and Sons.

## Personalflexibilität im Einzelhandel

Ulrike PIETRZYK und Winfried HACKER

*Arbeitsgruppe „Wissen-Denken-Handeln“, Technische Universität Dresden,  
Chemnitzer Straße 46 b, D-01062 Dresden*

**Kurzfassung:** Flexibilisierung und Destandardisierung von Arbeitsverhältnissen wird als Ausdruck eines spezifischen Verständnisses von Personalflexibilität gesehen. Voss-Dahm (2000) verweist darauf, dass im Einzelhandel diese Personalflexibilität zum einen eingebettet ist in eine Arbeitsorganisation, die auf den tayloristischen Prinzipien der Zergliederung von Arbeitsschritten und der Trennung von Kontrolle und Ausführung basiert und zum anderen die Arbeitsstruktur derart verändert, dass Beschäftigte, die traditionell flexibel in mehreren Tätigkeitsbereichen einsetzbar waren, nunmehr standardisierte Tätigkeiten ausüben ohne Einflussmöglichkeit auf Organisation, Planung und Zeiteinteilung. Im vorliegenden Beitrag wird anknüpfend an diesen Sachverhalt abhängig vom Beschäftigungsverhältnis das Tätigkeitserleben Erwerbstätiger im Einzelhandel kritisch hinterfragt.

**Schlüsselwörter:** Einzelhandel, Flexibilisierung, Belastung und Beanspruchung.

### 1. Einleitung

Neben traditioneller Erwerbsarbeit gewinnen zunehmend andere Erwerbsformen an Bedeutung, die sich in Bezug auf Lage, Dauer und Verteilung der Arbeitszeit, die soziale Absicherung sowie Höhe und Struktur des Einkommens vom Normalarbeitsverhältnis unterscheiden. Je nach Definition zählt heute jedes dritte Arbeitsverhältnis zu der vom Normalarbeitsverhältnis abweichenden Beschäftigung. Die Erforschung von flexiblen Beschäftigungsformen und die damit verbundenen spezifischen Belastungen und Beanspruchungsfolgen stehen noch am Anfang.

Im Rahmen eines DFG Projektes (LO-1173) soll ein Vergleich zwischen der Wahrnehmung der Tätigkeitsanforderungen und der Beanspruchung zwischen Stammpersonal und flexibel Beschäftigten im Einzelhandel durchgeführt werden. Theoriegeleitete Untersuchungen in anderen Bereichen legen nahe, dass in globalisierten Wirtschaftsstrukturen die sozialen Rahmenbedingungen (z.B. geringfügige Beschäftigung) das Tätigkeitserleben und die Beanspruchung deutlich und ggf. stärker bestimmen als der Arbeitsinhalt (vgl. Jahn & Hacker 2004).

### 2. Methoden

Zur Gewinnung der Stichprobe wurden Unternehmen verschiedener Branchen und Vertriebsformen im Einzelhandel akquiriert. 739 Beschäftigte nahmen an der Untersuchung teil. Die Gesamtstichprobe setzt sich zusammen aus Vollzeitmitarbeitern einschließlich Auszubildenden, Teilzeitmitarbeitern sowie geringfügig Beschäftigten und Selbstständigen. Der überwiegende Teil der Stichprobe waren Frauen (80 Prozent). Das durchschnittliche Alter der untersuchten Beschäftigten betrug 38 Jahre (SD = 12).

Da die unabhängigen und abhängigen Variablen zu einem Zeitpunkt erhoben wurden und eine Manipulation der unabhängigen Variable sowie die Umsetzung des Prinzips der Randomisierung nicht möglich war, handelt es sich um ein Ex-post-facto-Design.

Als unabhängige Variable wurden die Untersuchungsteilnehmer sowohl bezüglich der Ganzheitlichkeit objektzentrierter Teiltätigkeiten als auch der Ganzheitlichkeit der kundeninteraktionszentrierten Teiltätigkeiten ihrer Arbeitstätigkeit unter Verwendung des von Melzer (2007) vorgeschlagenen Konfigurationsschema klassifiziert (vgl. Tabelle 1). Infolge der Tätigkeitswechsel Auszubildender während ihres Praxiseinsatzes konnte keine eindeutige Zuordnung zu den Tätigkeitskonfigurationen vorgenommen werden, so dass diese (N = 161) aus der Analyse der Daten ausgeschlossen wurden.

**Tabelle 1:** Klassifikationsschema für Tätigkeitskonfigurationen im Einzelhandel als hypothetisches Modell von deren Anforderungsstruktur (TT = Teiltätigkeiten)

Kundeninteraktions- zentrierte Ganz- heitlichkeit  Objekt- zentrierte Ganzheitlichkeit	TT ohne Kunden- interaktion  (keine)	TT mit überwiegend zahlungs- bezogener Kunden- interaktion  (ZB)	TT mit überwiegend bedienender Kunden- interaktion (+ ZB)  (BED)	TT mit überwiegend beratender Kunden- interaktion (+ ZB und BED)  (BER)
mehrere ausführende TT (AA)				
mehrere ausführende TT + dispositive TT (AAD)				

Als abhängige Variable wurden neben Merkmalen der Arbeitssituation, kurz- und mittelfristige Beanspruchungsfolgen, das Gesundheitserleben und die Arbeitszufriedenheit als eine vermittelnde Variable zwischen Arbeitssituation und Gesundheit erfasst.

Um eine Bewertung der Qualität der Arbeitsbedingungen vornehmen zu können, wurde der Fragebogen von Melzer (2007) eingesetzt. Die Eigenschaften der Arbeitsaufgabe werden in drei Dimensionen beschrieben: Lernmöglichkeiten, Rückmeldung und Qualifikationsnutzung (Faktor 1), Regulationsanforderungen und Regulationsmöglichkeiten (Faktor 2) sowie Regulationserschwerisse (Faktor 3).

Die kurzfristigen psychischen Beanspruchungsfolgen wurden mit Hilfe des Beanspruchungsratings von Richter et al. (2002) erhoben, welches Engagement / positive Gestimmtheit, psychische Ermüdung, Sättigung / Stress und Monotonie erfasst.

Zur Erhebung der mittelfristigen psychischen Fehlbeanspruchungsfolgen wurde die Skala „Emotionale Erschöpfung“ (MBI, nach Maslach & Jackson 1996, deutsche Übersetzung von Richter & Stoll) eingesetzt. Es wird die Häufigkeit und Stärke der emotionalen Überbelastung bei der Arbeit erfasst.

Langfristige psychische Fehlbeanspruchungsfolgen wurden unter Verwendung des General Health Questionnaires (Goldberg 1978) ermittelt. Die Bewertung der 12 Items erfolgte auf einer vierstufigen Skala (mit den Ausprägungen 0 bis 3). Ein Itemwert von „1“ gibt das Vorhandensein der genannten Beschwerde an. Der maximale Summenwert liegt bei 36. Bei einem Summenwert über 11 wird ein kritisches Ausmaß an seelischen Beschwerden angezeigt.

Arbeitszufriedenheit wird mit dem Instrument von Baillod & Semmer (1994) erfragt. Mit diesem können zwei qualitativ unterschiedliche Formen von Arbeitszufriedenheit, die als unabhängig voneinander bestätigt gelten und deren empirische Evidenz für Gesundheit, Absentismus und Fluktuation belegt ist, erhoben werden.

### 3. Ergebnisse

Für die Beantwortung der Frage nach dem Einfluss der Rahmenbedingungen in Form der Beschäftigungsverhältnisse sollte die Prüfungen auf Signifikanz der Unterschiede im Tätigkeitserleben und in der erlebten Beanspruchung (mit Berücksichtigung gleicher Expositionszeiten) zwischen vergleichbaren Stichproben flexibel Beschäftigter und Stammbeschäftigter erfolgen. Aufgrund der ermittelten Häufigkeitsverteilung von Konfigurationen interaktiver Einzelhandelstätigkeiten unter Berücksichtigung der Arbeitsrechtsverhältnisse konnten nur zwei zu vergleichende Gruppen von Tätigkeitskonfigurationen statistisch geprüft werden (vgl. Tabelle 1):

- vorwiegend Bedienen mit mehreren ausführenden objektzentrierten Teiltätigkeiten (AA-BED) – Vergleich zwischen Vollzeit und Teilzeit unbefristet,
- vorwiegend Beraten mit mehreren ausführenden objektzentrierten Teiltätigkeiten (AA-BER) – Vergleich zwischen Vollzeit und Teilzeit unbefristet.

Die Ergebnisse der Studie verweisen darauf, dass sich die Anforderungen der Arbeitstätigkeit der Tätigkeitskonfigurationsklasse AA-BED im Faktor 2 (Regulationsanforderungen und Regulationsmöglichkeiten) signifikant unterscheiden. Vollzeitbeschäftigte geben höhere Werte in den Regulationsanforderungen gegenüber den Teilzeitbeschäftigten an. Unterschiede in den erlebten Beanspruchungen konnten nicht identifiziert werden.

Der Vergleich der zwei Beschäftigungsgruppen Vollzeit und Teilzeit in der Tätigkeitskonfigurationsklasse AA-BER zeigt keine Unterschiede in den Anforderungen der Arbeitstätigkeit, jedoch lassen sich für die vollzeitbeschäftigten Mitarbeiter signifikant höhere Werte für die erhobene mittelfristige psychische Fehlbeanspruchung und tendenziell auch für längerfristige psychische Fehlbeanspruchung finden.

In der Tätigkeitskonfigurationsklasse „Teiltätigkeiten ohne Kundeninteraktion mit mehreren auszuführenden objektzentrierten Teiltätigkeiten“ (AA-keine) wurden ausschließlich geringfügig Beschäftigte identifiziert. Ein Vergleich der erhobenen abhängigen Variablen wurde unter Berücksichtigung eines zusätzlichen Kriteriums, befristete Tätigkeit vs. unbefristete Tätigkeit, durchgeführt. Im Ergebnis der Analyse zeigen sich keine signifikanten Unterschiede im Erleben der Tätigkeitsanforderung. Allerdings verweisen die Ergebnisse darauf, dass befristete geringfügig beschäftigte Mitarbeiter signifikant höhere Werte für mittelfristige psychische Fehlbeanspruchung und tendenziell für längerfristige psychische Fehlbeanspruchung angaben. Ebenso unterscheiden sich befristete vs. unbefristete geringfügig beschäftigte Mitarbeiter signifikant bezüglich der Arbeitszufriedenheit und tendenziell im Faktor Resignation. Die Einzelhandelsmitarbeiterinnen im befristeten Beschäftigungsverhältnis gaben in beiden Faktoren höhere Werte an als die unbefristet geringfügig beschäftigten Mitarbeiterinnen.

In der Tätigkeitskonfigurationsklasse „vorwiegend zahlungsbezogene Kundeninteraktion mit mehreren auszuführenden objektzentrierten Teiltätigkeiten“ (AA-ZB) konnten in der vorliegenden Studie nur unbefristete Teilzeitbeschäftigte und befristete geringfügig Beschäftigte identifiziert werden. Unter Berücksichtigung des Kriteriums der Befristung wurden für die beiden flexiblen Beschäftigungsgruppen zusätzlich



statistische Analysen durchgeführt. Die unbefristet Teilzeitbeschäftigten berichteten gegenüber den geringfügig Beschäftigten von signifikant höheren Regulationser-schwernissen in der Arbeit. Ebenso lassen sich im Erleben psychischer Fehlbeanspruchung in den erfassten Variablen durchgängig schlechtere Werte bei den Teilzeitbeschäftigten wiederfinden.

In den Konfigurationsklassen mit zusätzlichen dispositiven Teiltätigkeiten (AAD) ist in der vorliegenden Studie nur eine Zellenbesetzung in Kombination mit überwiegender bedienender Kundeninteraktion (AAD-BED) und überwiegender beratender Kundeninteraktion (AAD-BER) identifiziert worden. In diesen Tätigkeitsklassen finden sich ausschließlich Vollzeitbeschäftigte und Selbstständige im Einzelhandel wieder.

#### 4. Diskussion

Die Ergebnisse der Studie verdeutlicht, dass sich die Beantwortung der Frage nach dem Einfluss der Rahmenbedingungen in Form der Beschäftigungsverhältnisse auf das Tätigkeitserleben und die psychische Fehlbeanspruchung als schwierig erweist. Zum einen ist durch die Ausdifferenzierung der Arbeitstätigkeiten ein Vergleich zwischen Stammpersonal und flexibel Beschäftigten erschwert und zum anderen hat sich gezeigt, dass die Verschiedenartigkeit der Arbeitsituation und –bedingungen innerhalb einer Beschäftigungsform (geringfügig Beschäftigter) differenzierteren Betrachtungen bedürfen.

#### 5. Literatur

1. Baillod, J. & Semmer, N. 1994, Fluktuation und Berufsverläufe bei Computerfachleuten, Zeitschrift für Arbeits- und Organisationspsychologie, 38, 152 – 163.
2. Bruggemann, A., Groskurth, P. & Ulich, E. 1975, Arbeitszufriedenheit. Bern: Hans Huber.
3. Goldberg, D. 1978, Manual of the General Health Questionnaire. Windsor: National Foundation for Education Research
4. Jahn, F. & Hacker, W. 2004, Machen unsichere Arbeitsplätze krank?, Sichere Arbeit/ Internationales Fachmagazin für Prävention in der Arbeitswelt, Heft 2, 32- 35.
5. Maslach, L., Jackson, S.E. & Leiter M.P. 2003, The Maslach Burnout Inventory. Palo Alto, Calif.: Consulting Psychologists Press.
6. Melzer, M. 2007, Merkmale gut gestalteter Aufgaben bei interaktiven Arbeitstätigkeiten im Einzelhandel, Dissertation. Dresden: Fakultät für Mathematik und Naturwissenschaften der TU Dresden.
7. Richter, P., Debitz, U. & Schulze, F. 2002, Diagnostik von Arbeitsanforderungen und kumulativen Beanspruchungsfolgen am Beispiel eines Call Centers, Zeitschrift für Arbeitswissenschaft, 56, 67-76.
8. Voss-Dahm, D. 2000, Dienstleistungstaylorismus und veränderte Anforderungen an die Arbeitszeitorganisation. Das Beispiel Einzelhandel. Internationale Conference „The Economics and Socio-Economics of Services: International Perspectives“, Lille/Roubaix, 22-23 June 2000. Im Internet verfügbar unter: <http://www.iaq.uni-due.de/aktuell/veroeff/am/vossdahm00b.pdf>



# Analyse der Belastungs-Beanspruchungs-Situation von Triebfahrzeugführern

Jing QIU, Rolf HELBIG und Ralph BRUDER

*Institut für Arbeitswissenschaft, Technische Universität Darmstadt,  
Petersenstraße 30, D-64287 Darmstadt*

**Kurzfassung:** Im Rahmen einer Feldstudie wurde bei einem Bahnunternehmen eine umfassende Belastungs-Beanspruchungs-Studie von Triebfahrzeugführern durchgeführt. Die theoretische Grundlage der Untersuchung war ein sehr weit gefasster Arbeitssystembegriff, der für die spezifische Tätigkeit von Triebfahrzeugführern konkretisiert wurde. Berücksichtigt wurden z.B. die konkreten Arbeitsabläufe während einer Schicht, die Folge verschiedener Schichten im Rahmen von Dienstplänen, die Strukturen der betrieblichen Kommunikation sowie der Einfluss von Rahmenbedingungen aus dem Unternehmen und der Gesellschaft.

**Schlüsselwörter:** Triebfahrzeugführer, Belastung, Beanspruchung, Arbeitssystem.

## 1. Einleitung

In den letzten Jahren hat sich die Bahn von einem Transport- zu einem Dienstleistungsunternehmen gewandelt mit der Folge zahlreicher organisatorischer Änderungen. Daraus resultiert ein verändertes Tätigkeitsprofil von Triebfahrzeugführern. Die Triebfahrzeugführer haben einen Teil der Serviceaufgaben des Zugführers (z.B. Abfertigung des Zugs, Ansagen) und der Aufgaben des Zugvorbereiters (z.B. Bremsprobe) übernommen. Hinsichtlich Fahrzeugbaureihen und Fahrstrecken wurde das Einsatzspektrum des Triebfahrzeugführers eingeschränkt. Die Kombination von neuen Technologien und alten technischen Systemen (z.B. Signalsysteme, Abfertungsverfahren, Zugsicherungssystem) verursacht spezifische Anforderungen an den Triebfahrzeugführer.

Obwohl arbeitswissenschaftliche Forschung im Bereich der Eisenbahnindustrie nicht so umfangreich ist wie hinsichtlich anderer Verkehrssysteme (z.B. Flugverkehr, Autoverkehr) (Wilson 2006), wurden die Belastungs- und Beanspruchungs-Situationen von Zugführern z.B. schon 1970 untersucht (Rutenfranz et al. 1974). Keckland (1999) stellte u.a. fest, dass die Arbeitszeit und die physikalischen Umgebungsfaktoren wesentliche Probleme der Arbeit von Triebfahrzeugführern sind. Hinsichtlich der Haupttätigkeit „Fahren eines Zuges“ müssen die Triebfahrzeugführer ein gutes mentales Modell ihrer Züge und der Infrastruktur (z.B. Signale, Wetter usw.) besitzen (Stevenson et al. 2000). Eine Studie (Wallace et al. 2002) wies darauf hin, dass die Konzentration des Triebfahrzeugführers bei gleichartigen Fahrstrecken abnimmt.

Im Rahmen der in diesem Beitrag vorgestellten Untersuchung wurde bei einem Bahnunternehmen eine umfassende Belastungs-Beanspruchungs-Analyse von Triebfahrzeugführern durchgeführt und notwendiger Handlungsbedarf identifiziert.

## 2. Methode

Als theoretische Grundlage der Untersuchung wurde ein Triebfahrzeugführer-spezifisches Arbeitssystem auf der Basis des allgemeinen Arbeitssystem-Modells (siehe Rohmert 1983) entwickelt. Das Triebfahrzeugführer-spezifische Arbeitssystem beinhaltet die folgenden Elemente:

- Arbeitsaufgaben (z.B. Fahren, Vor- und Nachbereitungsdienst usw.),
- Arbeitsabläufe (z.B. Durchführung der Arbeitsaufgaben mit Betriebsmitteln im Rahmen eines Schichtplanes),
- Betriebsmittel (z.B. Triebfahrzeug, Kommunikationsgeräte usw.),
- Informationsflüsse (z.B. Kommunikation mit Kollegen und Kunden usw.),
- Umwelteinflüsse (physikalische Einflüssen wie Klima, Lärm usw.) und Einflüsse aus organisatorischen Rahmenbedingungen,
- Arbeitsergebnisse (z.B. Sicherheit, Pünktlichkeit, Wirtschaftlichkeit).

Die Belastungen des Triebfahrzeugführers können aus all diesen Faktoren des Arbeitssystems resultieren. Die Belastungsfaktoren und deren Kombination können zu Beanspruchungen führen, die physiologische, handlungsbezogene und subjektiv empfundene Auswirkungen haben.

### 2.1 Experimentelles Design

Um die Belastungs-Beanspruchungs-Situation zu ermitteln, wurden verschiedene Methoden auf der Basis des Triebfahrzeugführer-spezifischen Arbeitssystems angewendet:

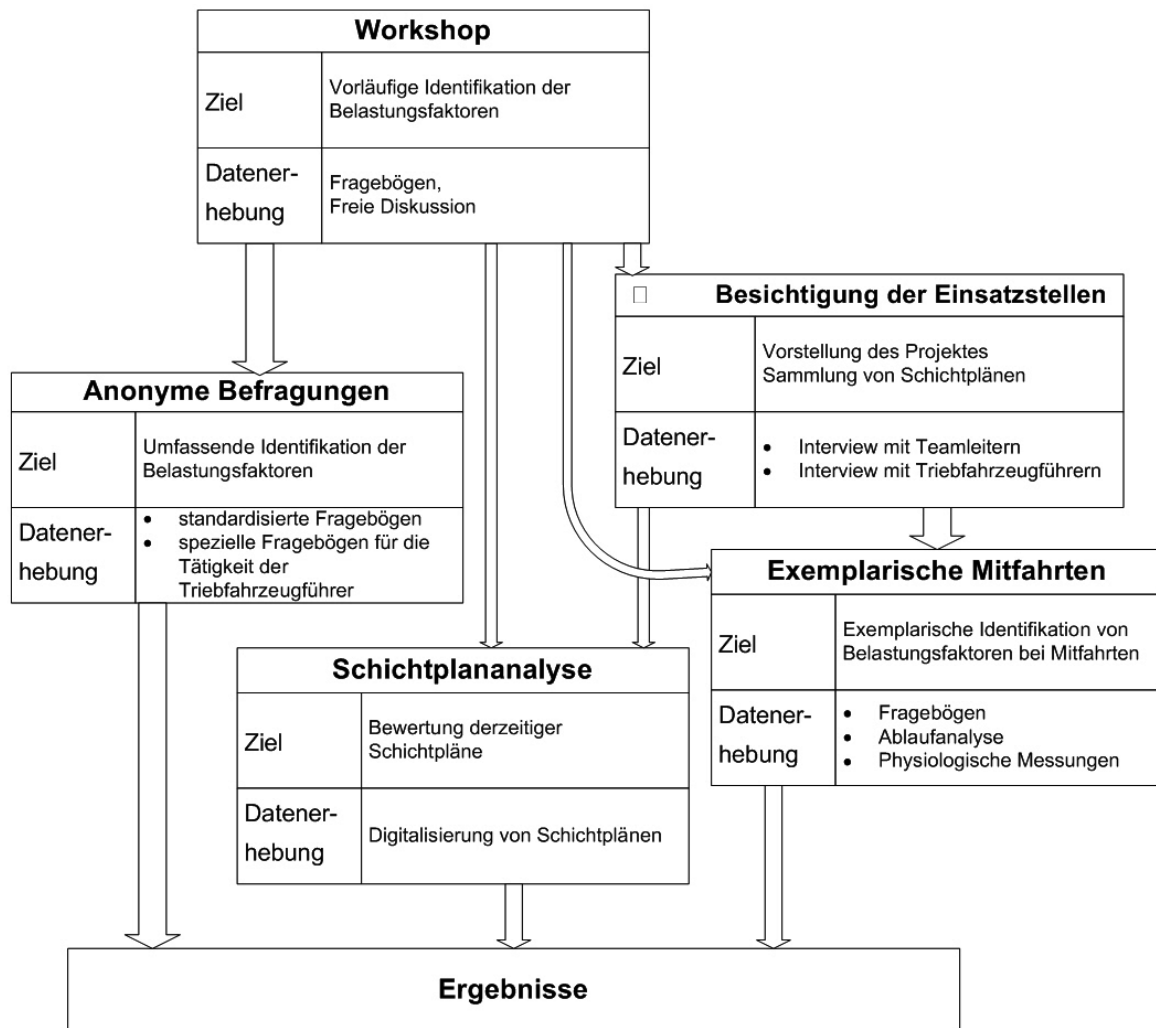
- Workshops mit Triebfahrzeugführern,
- Besichtigung der Einsatzstellen und Befragungen der Triebfahrzeugführer,
- Schriftliche Befragung von Triebfahrzeugführern mit standardisierten Fragebögen und mit speziellen Fragebögen für die Tätigkeit der Triebfahrzeugführer,
- Exemplarische Mitfahrten mit Beobachtungen, Befragungen, Interviews, Ablaufanalyse und exemplarischen Blickbewegungsanalysen,
- Schichtplanauswertung.

Abbildung 1 zeigt den Ablauf der Untersuchung. Die Ziele und die jeweiligen Datenerhebungsmethoden sind beschrieben. Alle angewendeten Methoden lieferten Informationen aus verschiedenen Quellen zur Beschreibung der Belastungs- und Beanspruchungs-Situationen. Die Zusammenhänge zwischen den einzelnen Methoden sind ebenfalls dargestellt.

Die Untersuchung begann mit einem Workshop, in dem die Triebfahrzeugführer und Vorgesetzte erste Problemfelder darstellten und diskutierten. Die Ergebnisse des Workshops waren im Zusammenhang mit dem spezifischen Arbeitssystemmodell die Basis für die Entwicklung der tätigkeitsspezifischen Fragebögen. Die Informationen aus den Workshops war auch die Grundlage für die Besichtigung der Einsatzstellen, der untersuchten Dienstpläne und der Auswahl der exemplarischen Mitfahrten.

## 3. Ergebnisse

Die im Folgenden vorgestellten exemplarischen Ergebnisse basieren auf Befragungen, an denen fast 500 Triebfahrzeugführer teilgenommen haben.

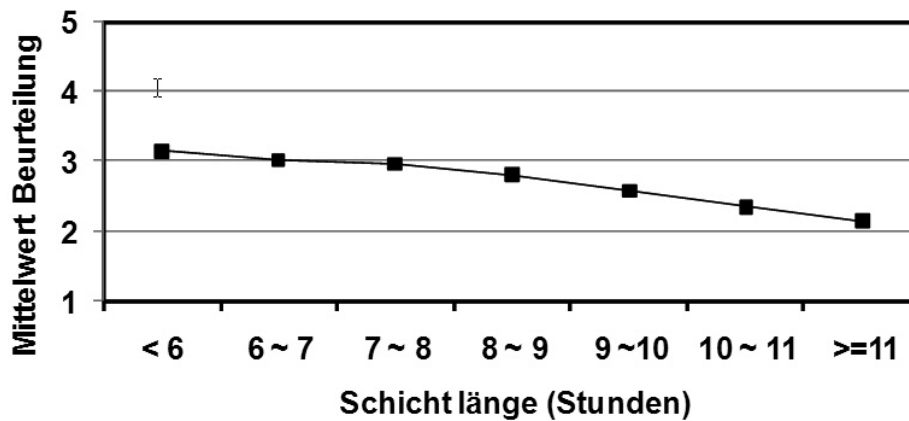


**Abbildung 1:** Ablauf der Untersuchung

Ein Ergebnis betrifft die gesundheitlichen Aspekte der Triebfahrzeugführer (z.B. körperliche Beschwerden, psychische Beschwerden). 55.2 % der Triebfahrzeugführer geben an, dass sie körperliche Beschwerden haben. Deutlicher Schwerpunkt ist hierbei der Bereich des Rückens, des Nackens und der Schultern. 30.9 % der Triebfahrzeugführer klagten über psychische Beschwerden, wobei „Schlafprobleme“ am häufigsten genannt wurden.

Die Angaben zu den drei wichtigsten Dingen, die die Triebfahrzeugführer bezüglich ihrer beruflichen Tätigkeit verändern würden (als Freitext abgefragt) wurden gruppiert und ausgezählt. Deutlich an erster Stelle wird hier die Arbeitszeit (Schichtplangestaltung) genannt. Dieses Ergebnis stimmt überein mit der Feststellung von Keckland (1999). Die Beurteilung der Länge der letzten drei Schichten, die die Triebfahrzeugführer vor der Befragung gearbeitet hatten, ist in Abbildung 2 dargestellt. Grundsätzlich werden längere Schichten negativer beurteilt als kürzere Schichten. Insbesondere Schichten mit einer Dauer von mehr als 8 Stunden werden von den Triebfahrzeugführern eher negativ beurteilt.

Zusätzlich halten 70.6% der Triebfahrzeugführer die Länge der Wendezeiten in den einzelnen Schichten für zu kurz oder viel zu kurz. Dadurch steigt der Zeitdruck auf die Triebfahrzeugführer innerhalb der Schichten stark an. Teilweise wurden zu kurze Wendezeiten auch bei den durchgeführten Mitfahrten beobachtet, häufig ausgelöst durch Verspätungen.



**Abbildung 2:** Beurteilung der Schichtlänge (Y Achse: 1-sehr negative, 5-sehr positive)

Die subjektiven Empfindungen der Gesamtbeanspruchung bzw. der verschiedenen Teilbeanspruchungen (körperlich, mental und emotional) wurden mit einer 6-Punkte-Skala von 1 (gar nicht) bis 6 (sehr hoch) erhoben (Tabelle 1). Die mentale Beanspruchung ist relativ höher als die Gesamtbeanspruchung und die körperliche und emotionale Teilbeanspruchung. Bei der subjektiv empfundenen Gesamtbeanspruchung bzw. der körperlichen Beanspruchung gibt es signifikante altersspezifische Unterschiede (Kruskal-Wallis-Test) (Tabelle 1).

**Tabelle 1:** Subjektive Empfindung der Beanspruchung (differenziert nach Alter)

	Alter (Jahre)				Kruskal-Wallis-Test
	<=30 (n=57)	31-40 (n=151)	41-50 (n=170)	>=51 (n=110)	
	Mittelwert (SD)	Mittelwert (SD)	Mittelwert (SD)	Mittelwert (SD)	
Gesamtbeanspruchung	4,7 (0,6)	4,8 (0,6)	4,9 (0,7)	5,0(0,8)	$\chi^2_3=14,915$ , $p=,002$
Körperliche Beanspruchung	4,1 (0,9)	3,9 (0,9)	4,2 (1,0)	4,3(1,1)	$\chi^2_3= 8,510$ , $p=,037$
Mentale Beanspruchung	5,0 (0,8)	5,1 (0,7)	5,2(0,8)	5,1(0,9)	nicht signifikant
Emotionale Beanspruchung	4,7(0,9)	4,7(0,8)	4,9(0,8)	4,9(0,9)	nicht signifikant

## 4. Literatur

1. Keckland, G.A. 1999, Train drivers' working conditions and their impact on safety, stress and sleepiness: a literature review, analyses of accidents and schedules. Stress Research Report No. 288. National Institute for Psychological factors and Healthy.
2. Rohmert, W. 1983, Formen menschlicher Arbeit. In: W. Rohmert & J. Rutenfranz (Hrsg.), Praktische Arbeitsphysiologie. Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
3. Rutenfranz, J., Knauth, P., Hildebrandt, G. & Rohmert, W. 1974, Nacht- und Schichtart von Triebfahrzeugführern 1. Mitteilung. Untersuchungen über die tägliche Arbeitszeit und die übrige Tagesaufteilung, Internationales Archiv für Arbeitsmedizin, 32, 243-259.
4. Stevenson, M., Coleman, N., Long, A. & Williamson, A. 2000, Assessment, re-design and evaluation of changes to the driver's cab in a suburban electric train, Applied Ergonomics, 31, 499-506.
5. Wallace, B., Ross, A., Davies, J. & Wright, L. 2002, Information, Arousal and Control in the UK Railway Industry. In: A. Tahtcher, J. Fisher, & K. Miller (Ed.), Proceedings of CybErg 2002: The Third International Cyberspace Conference on Ergonomic.
6. Wilson, J. R. 2006, Human factors in support of a successful railway: a review, Cognition Technology Work, 8, 4-14.

# Wen kümmert es, wie es mir geht?

## Psychosoziales Sicherheitsklima am Arbeitsplatz und dessen Auswirkungen auf Gesundheit und Wohlbefinden

Barbara ZIMMERMANN und Sascha HAUN

*Abteilung Arbeits-, Organisations- und Wirtschaftspsychologie,  
Johannes-Gutenberg Universität Mainz, Wallstraße 3, D-55099 Mainz*

**Kurzfassung:** Psychosoziales Sicherheitsklimas (PSK) beschreibt die Überzeugung der Mitarbeiter, in welchem Maße Regelungen und Vorgehensweisen einer Organisation die psychische Gesundheit der Mitarbeiter bewahren und fördern. Das aus dieser Überzeugung entstehende Sicherheitsgefühl wird als Ressource verstanden, die helfen kann, negative Wirkung von Stress abzuf puffern und das psychosoziale Wohlbefinden zu fördern. Unsere Forschung befasst sich mit Ursachen und Konsequenzen von PSK im Dienstleistungsbereich. In einer Studie mit Lehrern zeigte sich, dass PSK langfristig emotionale Erschöpfung reduzierte und gleichzeitig deren Arbeitsengagement steigerte. PSK zeigte weiterhin eine moderierende Wirkung im Zusammenhang mit negativem und positivem Kundenverhalten und Stressreaktionen von Autohausmitarbeitern. Ausgehend von diesen Erkenntnissen ziehen wir Schlussfolgerungen für Führungs- und Mitarbeiter\*ebene zur Etablierung eines gesundheitsrelevanten Klimas: z.B. die Einführung von Stresspräventionstrainings, das Transparentmachen aller Maßnahmen für alle Ebenen, das Einbeziehen aller Beteiligten an der Maßnahmenplanung zur Prävention psychologischer Gesundheit.

**Schlüsselwörter:** Psychosoziales Sicherheitsklima, organisationale und arbeitsbezogene Ressourcen, Klima, Mitarbeitergesundheit.

### 1. Einleitung

In diesem Beitrag widmen wir uns den Wirkweisen und Konsequenzen des Psychosozialen Sicherheitsklimas (PSK) auf theoretischer und empirischer Ebene. Dabei handelt es sich um ein sehr junges Konzept, zu dem noch nicht viele Veröffentlichungen vorliegen. Nach einer Einführung in das PSK-Konzept werden wir auf Grundlage des Job-Demands-Resources-Modells die verschiedenen Wirkweisen von PSK ausarbeiten und mit empirischen Befunden belegen.

#### 1.1 Psychosoziales Sicherheitsklima

Um nachhaltig für ein effektives Gesundheitsmanagement in Organisationen zu sorgen, gilt es zum einen Risikofaktoren zu eliminieren oder abzuf puffern und zum anderen, organisationale Ressourcen aufzubauen (vgl. Dollard & Bakker in press; Edmondson 1999). Das Psychosoziale Sicherheitsklima (PSK) stellt eine derartige organisationale Ressource dar. Ein hohes PSK bezieht sich auf Regelungen und Verfahren in einer Organisation, welche (1) den Wert von psychischer Gesundheit und Wohlbefinden der Mitarbeiter stärken, (2) von Seiten der Führungsebene voran-

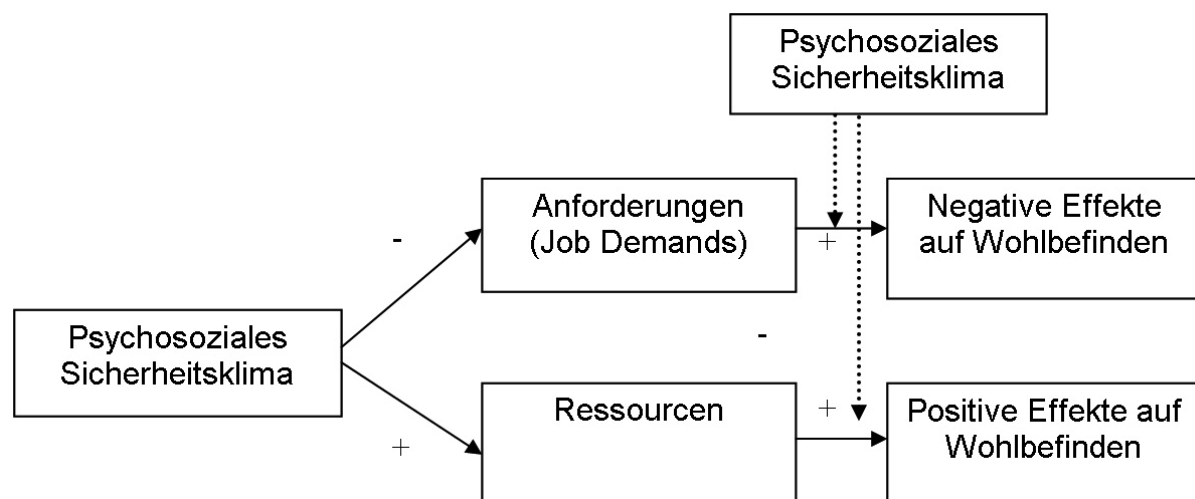
getrieben werden und (3) von den Mitarbeitern als gesundheitsfördernd wahrgenommen und eingeschätzt werden (Dollard 2007). Konkret beschreibt PSK zum Beispiel die Möglichkeit aller Ebenen einer Organisation bei der Maßnahmenplanung zur Stressprävention mitzuwirken oder aber die Prämissen „bei uns wird Stressprävention groß geschrieben“ oder „Gesundheitsprobleme finden bei uns ein offenes Ohr“.

Im Bereich der Klimaforschung wird psychologisches von organisationalem Klima unterschieden (vgl. Neal & Griffin 2006). Während psychologisches Klima individuelle Wahrnehmungen und Einschätzungen von Mitarbeitern über Vorgehensweisen und Regelungen meint, beschreibt organisationales Klima das Aggregat von individuellen Klimaeinschätzungen auf Gruppenebene.

## 1.2 Psychosoziales Sicherheitsklima im Job-Demands-Resources-Modell

Nach dem etablierten Job-Demands-Resources-Modell (vgl. Abb. 1) wirken sich Anforderungen der Arbeit negativ auf die Mitarbeitergesundheit aus, wohingegen Ressourcen der Arbeit positive Auswirkungen haben. Während Ressourcen die Motivationsprozesse beim Mitarbeiter anstoßen und demnach förderlich für Engagement, Leistung und positiven Affekt sind, führt das Bewältigen von emotionalen und kognitiven Arbeitsanforderungen mittel- und langfristig zum Abbau von Energiereserven und somit zu Stress und emotionaler Erschöpfung (Bakker & Demerouti 2007).

Organisationale Ressourcen, zu denen auch PSK zu zählen ist, fördern die Etablierung weiterer arbeitsbezogener Ressourcen, wie z.B. Handlungsspielraum oder Vorgesetztenunterstützung (vgl. Sauter et al. 2002; Salanova et al. 2008). Außerdem ist zu erwarten, dass in einem Klima, in dem das Wohlergehen der Mitarbeiter ein hoher Wert ist, bestehende Ressourcen wie Handlungsspielräume besser genutzt werden können. Daraus folgen folgende Hypothesen:



**Abbildung 1:** Gesamtmodell zum Einfluss von Psychosozialem Sicherheitsklima und Anforderungen und Ressourcen

- Hypothese 1: PSK führt zu mehr positiven Gesundheitseffekten durch Erhöhung von Ressourcen (Mediatorhypothese).
- Hypothese 2: PSK steigert den Zusammenhang zwischen Ressourcen und positiven Gesundheitseffekten (Moderatorhypothese).

Auf der anderen Seite sind durch die Abwesenheit eines PSK mehr Anforderungen zu erwarten wie z.B. erhöhter Druck seitens der Führungsebene. Unter einem hohen



PSK sollten Anforderungen auch als weniger bedrohlich wahrgenommen werden und sollten demnach zu weniger Stressreaktionen führen. Die zugehörigen Hypothesen lauten:

- Hypothese 3: PSK führt zu weniger negativen Gesundheitseffekten durch Reduktion von Anforderungen (Mediatorhypothese)
- Hypothese 4: PSK reduziert den Zusammenhang zwischen Anforderungen und negativen Gesundheitseffekten (Moderatorhypothese).

Um die Hypothesen zu überprüfen, stellen wir Ergebnisse aus zwei verschiedenen Studien. Daten einer Längsschnitt-Studie unserer Kooperationspartner in Australien (Dollard & Bakker in press) sowie eigene Daten.

## 2. Methode

### 2.1 Studie 1: PSK in der Schule

Die Stichprobe umfasste N = 209 australische LehrerInnen, ErzieherInnen und Bürokräfte aus Schulen und Kindergärten aus 19 verschiedenen Erziehungseinrichtungen (80% Frauen). Anforderungen, Ressourcen, und Gesundheitseffekte wurden zweimal im Abstand von einem Jahr erhoben. Lehrerdaten waren genestet in Schulen, weshalb Mehrebenenanalysen zur Auswertung herangezogen wurden unter Kontrolle der Kriteriumsvariablen zum Messzeitpunkt 1. PSK wurde auf organisationaler Ebene erfasst als je ein über die Lehrkräfte einer Schule aggregierter Wert.

Es wurden Entscheidungs- und Handlungsspielraum im Bezug auf den Einsatz bestimmter Fähigkeiten als Ressourcen sowie Engagement als abhängige Variable erhoben. Außerdem wurden der Einfluss von emotionalen und psychischen Anforderungen auf Wohlbefinden und emotionale Erschöpfung untersucht.

Mit Studie 1 wurden Hypothesen 1 und 3 getestet. Die jeweiligen Pfade wurden mit Mehrebenenmodellen (Lehrer genestet in Schulen) untersucht. PSK war dabei Einflussgröße auf organisationaler Ebene. Es wurden Einflüsse von PSK auf die beiden Ressourcen untersucht sowie Mediatoreffekte von PSK auf Engagement vermittelt durch Ressourcen. Es wurde für Engagement zum Zeitpunkt t1 kontrolliert.

### 2.2 Studie 2: PSK im Autohaus

Die Stichprobe umfasste N = 84 Mitarbeiter (Verkäufer und Serviceberater, 98% männlich) und N = 421 Interaktionen mit Kunden 14 verschiedener Autohäuser. PSK wurde auf Mitarbeiterebene erhoben (psychologisches Klima), Anforderungen und Ressourcen nach jeder Kundeninteraktion. Daten der Kundeninteraktionen waren genestet in Mitarbeitern, weshalb Mehrebenenmodelle zur Auswertung herangezogen wurden.

Als Ressource wurde positives Kundenverhalten erhoben, als Anforderung das negative Kundenverhalten. Des Weiteren wurden positiver und negativer Affekt des Mitarbeiters (jeweils vom Mitarbeiter nach einer Interaktion bewertet) erfasst.

Mit Studie 2 untersuchten wir Hypothesen 2 und 4. Die jeweiligen Interaktionen wurden mit Mehrebenenmodellen (Interaktionen genestet in Mitarbeiter) untersucht. PSK war dabei Einflussgröße auf Mitarbeiterebene. Es wurden Einflüsse von positivem und negativem Kundenverhalten auf positiven und negativen Mitarbeiteraffekt untersucht und wie diese durch den Effekt von PSK als Moderator variierten.

### 3. Ergebnisse und Diskussion

Studie 1 bestätigte den postulierten Zusammenhang zwischen PSK und den jeweiligen Ressourcen und Anforderungen: PSK steigerte den Handlungsspielraum im Bezug auf den Einsatz bestimmter Fähigkeiten der Lehrer und reduzierte emotionale Anforderungen. Auch konnte PSK durch die Reduktion von Anforderungen Stress und emotionale Erschöpfung reduzieren. Analog stieg über den Zeitraum von einem Jahr das Arbeitsengagement vermittelt durch eine Steigerung des Handlungsspielraums im Bezug auf den Einsatz bestimmter Fähigkeiten. Studie 2 konnte Puffer- und Verstärkereffekte von PSK zeigen: Unter hohem PSK war der Zusammenhang zwischen positivem Kundenverhalten und positivem Mitarbeiteraffekt größer als unter niedrigem PSK. Analog dazu war der Zusammenhang zwischen negativem Kundenverhalten und negativem Mitarbeiteraffekt kleiner unter hohem PSK im Vergleich zu niedrigem PSK.

Im Sinne der vorangestellten Prämisse „wen kümmert es, wie es mir geht?“ möchten wir mit Hilfe dieses Artikels deutlich machen, wie wichtig Gesundheitsmanagement im Sinne einer von den Mitarbeitern wahrgenommenen Kultur zur Stressprävention für Mitarbeitergesundheit und Engagement ist. Zweitens ergab sich Stressprävention vor allem als hilfreich in Zeiten von hohen Anforderungen (z.B. bei negativem Kundenverhalten in Dienstleistungsberufen). PSK kann Stressreaktionen abpuffern und negativen Folgen vorbeugen. Für die Etablierung von PSK sollten z.B. alle Ebenen in die Gestaltung eines Maßnahmenkataloges für Stress- und Gesundheitsprävention mit einbezogen werden. Zum Anderen ist es notwendig, dass die Führungsebene, diese Einrichtungen einer Organisation, welche schon bestehen (z.B. das Angebot von Fortbildungen zur Stressprävention, zum Timemanagement etc.) wiederkehrend transparent zu machen um sicher zu stellen, dass entsprechende Maßnahmen und Regelungen auch von Seiten der Mitarbeiter wahrgenommen werden.

### 4. Literatur

1. Bakker, A. B. & Demerouti, E. 2007, The Job Demands-Resources model: State of the art. *Journal of Managerial Psychology*, 22, 309-328.
2. Dollard, M. 2007, Psychosocial safety culture and climate; Definition of a new construct. Adelaide: University of South Australia.
3. Dollard, M. & Bakker, A.B. in press, Psychosocial safety climate as a precursor to conducive work environments, psychological health problems, and employee engagement, *Journal of Occupational and Organizational Psychology*.
4. Edmondson, A. 1999, Psychological safety and learning behavior in work teams, *Administrative science quarterly*, 44, 350-383.
5. Neal, A. & Griffin, M.A. 2006, A study of the lagged relationships among safety climate, safety motivation, safety behavior, and accidents at the individual and group levels, *Journal of Applied Psychology*, 91, 946-953.
6. Salanova, M., Schaufeli, W. B., Xanthopoulou, D., & Bakker, A. 2009, The gain spiral of resources and work engagement. In: A. Bakker & M.P. Leiter (Eds.), *Work engagement: Recent developments in theory and research*. New York: Psychology Press.
7. Sauter, S.L., Brightwell, W.S., Colligan, M.J., Hurrell Jr., J.J., Katz, T.M., LeGrande, D.E., Lessin, N., Lippin, R.A., Lipscomb, J.A., Murphy, L.R., Peters, R.H., Keita, G.P., Robertson, S.R., Stellman, J.M., Swanson, N.G. & Tetrick, L.E. 2002, *The changing organization of work and the safety and health of working people*. Cincinnati, Ohio: DHHS (NIOSH) Publication.

# CISM - Critical Incident Stress Management

Jörg LEONHARDT<sup>1</sup> und Joachim VOGT<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Deutsche Flugsicherung GmbH Unternehmenssicherheitsmanagement,  
Am DFS Campus 10, D-63225 Langen*

<sup>2</sup> *Institut für Psychologie, Technische Universität Darmstadt,  
Alexanderstraße 10, D-64238 Darmstadt*

**Kurzfassung:** CISM ist eine auf Berufskollegen (Peers) gestützte Interventionsform zur nachhaltigen Verarbeitung von kritischen Ereignissen bei der Arbeit. Das Programm basiert auf einer in den USA ursprünglich für Einsatzkräfte (Feuerwehrleute, Polizisten, Rettungssanitäter) entwickelten Vorgehensweise. Voraussetzung für den Erfolg in der Anwendung ist eine gründliche Ausbildung der Peers über die Psychophysiologie der Stressverarbeitung und Stressbewältigungsmechanismen. Evaluationen des Programms haben gezeigt, dass nicht nur Mitarbeiter sondern auch ganze Organisationen von dem Programm profitieren.

**Schlüsselwörter:** CISM, kritische Ereignisse, Peer Model.

## 1. Einleitung

CISM wurde in den 1980er Jahren von Professor Jeffrey T. Mitchell und Professor George Everly entwickelt (Mitchell & Everly 2001). Ziel war es, ein Programm zu etablieren, das Einsatzkräfte bei der psychologischen Verarbeitung von kritischen Ereignissen unterstützt. Die Ausrichtung konzentrierte sich in den ersten Jahren auf Einsatzkräfte von z.B. Feuerwehren und Rettungsdiensten. Als erstes Modul des CISM Programms wurde das sogenannte Critical Incident Stress Debriefing (CISD) entwickelt. Das CISD ist eine Methode zur Gruppenintervention. Mittlerweile hat sich CISM zu einem Programm von ineinander greifenden und aufeinander aufbauenden Methoden der Krisenintervention nach kritischen Ereignissen entwickelt. Es wird bei vielen Berufsgruppen angewandt und hat sich auch im öffentlichen Raum bewährt (z.B. in Schulen). Das Programm wird von der International Critical Incident Stress Foundation (ICISF) weiterentwickelt und evaluiert. Der Schwerpunkt liegt mittlerweile stärker auf dem professionellen Management von kritischen Ereignissen, und der damit verbundenen Nutzung aller CISM Module. Aus einem umfangreichen Portfolio von Maßnahmen zur Vorbereitung auf kritische Ereignisse, zur Einzel-, Gruppen- und Großgruppeninterventionen sowie zur Nachsorge können die jeweils passenden Module ausgewählt werden. Die Unterstützung von Angehörigen, Familien, Kommunen, Schulen und Organisationen hat in den vergangenen Jahren immer mehr an Bedeutung gewonnen. CISM Interventionen werden in erster Linie von Kollegen (Peers) für Kollegen durchgeführt. Sie werden durch Fachkräfte (Mental Health Professionals, MHPs), in Supervisionen und Refresher-Kursen kontinuierlich unterstützt. Das Programmmanagement sollte immer bei einem erfahrenen und in CISM geschulten MHP liegen. Die verschiedenen Komponenten von CISM sind:

- Information und Training der Peers
- Vorbereitung und Qualifikation, bevor ein kritisches Ereignis auftritt
- Unterstützung vor Ort im Ereignisfall

- Individuelle Krisenintervention SAFER-R (stabilize, acknowledge, facilitate, encourage, recovery or referral); recovery tritt i.d.R. nach wenigen Kontakten ein; wenn nicht, wird ein referral an andere Dienste eingeleitet (s. 11)
- Demobilisierung: Eine Großgruppenmaßnahme, in der Betroffene mit dem Nötigsten (Nahrung, Flüssigkeit, Kleidung, Ruhestätte) versorgt, informiert und evtl. an andere Dienste weitervermittelt werden
- Crisis Management Briefing (CMB): Eine Großgruppenmaßnahme mit dem Ziel strukturierter Informationsvermittlung und Identifizierung von Individuen (für Komponente 4) bzw. Gruppen (für Komponente 8)
- Defusing auch Immediate Small Group Support genannt; ein ca. 20-40minütiges strukturiertes Gespräch für kleinere Gruppen innerhalb von Stunden nach dem kritischen Ereignis
- Critical Incident Stress Debriefing (CISD) auch Powerful Event Group Support genannt; ein ca. zweistündiges strukturiertes Gespräch für kleinere Gruppen innerhalb der ersten Tage nach dem Ereignis
- Unterstützung von Familien und Angehörigen
- Unterstützung von Organisationen und Kommunen
- Überweisung (referral) an andere medizinisch-psychosoziale Dienste

## **2. Methode: Das Peer Modell**

### *2.1 Das Peer Konzept*

Peers sind Personen die sich mit dem Betroffenen auf der gleichen Ebene befinden. Die „Ebenen“ können sich beziehen auf die Hierarchie, den Beruf, die kommunale Zugehörigkeit oder die Altersgruppe. Je nach Betroffenen und Ereignis kann die Peerebene unterschiedlicher Art sein.

In der Flugsicherung beispielsweise sind Peers Fluglotsen. In Schulen könnten Schüler Peers für andere Schüler sein, aber auch Lehrer für Lehrer oder Lehrer für Schüler. In ihrer Entwicklung können die Peers die Ebene wechseln, wenn z.B. der Peer für Studierende graduiert, Mitarbeiter der Hochschule wird und fortan als Peer für den wissenschaftlichen Mittelbau fungiert.

Peers sind den von der Krise betroffenen Personen verbunden, z.B. durch denselben Beruf oder durch denselben Wohnort (wenn z.B. Kommunen betroffen sind). Dadurch haben die Peers einen auf Berufs- oder Kultur-Erfahrung gestützten Zugang zu den Betroffenen und können die durch das Ereignis ausgelösten Reaktionen nachvollziehen und einordnen. Peers sind räumlich wie zeitlich schnell verfügbar. Die Peers arbeiten weiterhin in ihren ursprünglichen Berufen im selben beruflichen Umfeld wie die von kritischen Ereignissen direkt betroffenen Kollegen. Peers sind organisiert in Kriseninterventionsteams und stehen in ihren Organisationen zur Unterstützung von Betroffenen zur Verfügung.

### *2.2 Die Peer Ausbildung*

Die Ausbildung von Peers erfolgt in mehrtägigen aufeinander aufbauenden ICISF zertifizierten Kursen. Die Ausbildung ist essentieller Bestandteil eines jeden funktionierenden CISM Programms. Über mehrere Ausbildungsabschnitte erwerben die Peers durch Theorie und Praxis profundes Wissen über die Psychophysiologie der Stressverarbeitung und die Anwendung von CISM Komponenten in ihrem Einsatzbe-

reich. Sie werden durch ihre MHPs, in Supervisionen und Refresher-Kursen kontinuierlich unterstützt und weitergebildet.

Eine Peer Ausbildung erstreckt sich über fünf elementare Kurse zu je 3 Tagen. Die Kurse werden von ICISF zertifizierten Trainern durchgeführt und umfassen:

- Individual Crisis Intervention and Peer Support
- Group Crisis Intervention
- Advanced Group Crisis Intervention
- Strategic Response to Crisis
- The changing face of Crisis Intervention

### **3. Ergebnisse: Kosten und Nutzen von CISM am Beispiel Flugsicherung**

Arbeitsbedingte kritische Ereignisse in der Flugsicherung sind Unterschreitungen der vorgeschriebenen Sicherheitsabstände zwischen Flugzeugen. Diese sind kritisch, weil sie nicht durch eine erfolgreiche Wechselwirkung von Technologie, Arbeitsverfahren und Mitarbeitern verhindert wurden. Die Sicherheitsabstände sind so gewählt, dass nur bei einer massiven Unterschreitung Unfälle passieren. Obwohl diese kritischen Ereignisse also in aller Regel gar nicht von Passagieren oder Öffentlichkeit bemerkt werden und weder Sach- noch Personenschäden zur Folge haben, rufen sie beim betroffenen Fluglotsen Ereignisbedingte Reaktionen hervor. Der Fluglotse wird aufgrund dieser Reaktionen sowohl sein Selbsterleben als auch seine berufliche Fähigkeit in Frage stellen. Um dies entsprechend einordnen und damit positiv verarbeiten zu können bedarf es einer CISM Intervention durch einen Peer.

2005 wurden in elf Niederlassungen der Deutschen Flugsicherung 1.030 Lotsen zur Wirkung und Bewältigung solch kritischer Ereignisse angeschrieben. Mit einer Rücklaufquote von 30 % umfasste die auswertbare Stichprobe 309 Fragebogen, darunter 66, die höchstens zwei Jahre zurückliegende Vorfälle beschrieben. Alle 43 angeschriebenen Peers (Rücklauf 100 %) sandten Fragebogen zurück, in denen sie ihre Unterstützungsarbeit und die erlebte Beeinträchtigung von Betroffenen, deren Einverständnis dazu zuvor eingeholt worden war, beschrieben. Durch den Abgleich von Selbst- und Fremdeinschätzung konnte die Reliabilität der eingesetzten Instrumente nachgewiesen werden (Korrelationen lagen über .95; Vogt et al. 2007).

Die Ergebnisse zeigten eine Vielzahl positiver Effekte durch CISM. Diese waren insbesondere nachweisbar für die Fälle, in denen der Betroffene nach dem CISM-Gespräch für den Rest des Arbeitstages nicht mehr operativ tätig werden musste (CISM no ops). Obwohl alle Betroffenen anfänglich von starker emotionaler Verunsicherung berichteten, konnte durch CISM no ops einer Einschränkung fundamentaler kognitiver Fähigkeiten vorgebeugt werden, die Fluglotsen bei ihrer Arbeit brauchen. CISM trug dazu bei, Fluglotsen nach kritischen Ereignissen in ihrer Tätigkeitsausübung sehr schnell wieder zu stabilisieren und Produktivitätsverlusten vorzubeugen. Die durch CISM vermiedenen Produktivitätsausfälle waren ökonomisch erheblich und nicht nur beim einzelnen Fluglotsen, sondern auch für ganze Betriebsteile nachweisbar (Pennig 2008). Die Flüssigkeit in der Verkehrsabwicklung, die entscheidend ist für die Pünktlichkeit im Luftverkehr, wurde zuverlässig wieder hergestellt, wenn nach kritischen Ereignissen ein CISM-Gespräch erfolgte. Wird CISM als Investition betrachtet, so errechnete sich ein prozentualer Zusatznutzen von ca. 360 % in sieben Jahren, d.h. der ökonomische Nutzen des Programms war 3,6mal größer als die Kosten (Vogt et al. 2007).

Eine weitergehende Analyse zeigte, dass die professionelle Aufarbeitung des Er-



eignisses und das Peergespräch am gleichen Tag kognitive Ressourcen der Informationsaufnahme und –verarbeitung für die operative Arbeit schneller wieder freisetzen. Bei Einzelkämpfern, die kein CISM in Anspruch nahmen, waren diese Ressourcen für die Verarbeitung des Ereignisses ohne professionelle Unterstützung gebunden.

#### 4. Diskussion: Erfahrungen und Übertragbarkeit

Die Deutsche Flugsicherung hat ein CISM Programm im Jahr 2000 eingeführt. An allen DFS Standorten stehen ausgebildete Peers ihren Kollegen zur Verfügung. Neben der direkten unmittelbaren Unterstützung von Kollegen nach individuellen kritischen Ereignissen, hat sich der Einsatz von Peers und die Anwendung von CISM ebenfalls bei anderen Ereignissen bewährt. Erwähnt seien hier exemplarisch die folgenden Ereignisse:

- Suizid eines Kollegen
- Tod eines Arbeiters (Fremdfirma) auf dem Betriebsgelände
- Absturz eines Vermessungsflugzeuges (Leonhardt & Vogt 2007)
- Mid Air Collision über Überlingen (Leonhardt et al. 2006)

In allen Fällen wurde die Vielfalt der zur Verfügung stehenden CISM Maßnahmen als hilfreich erlebt. Die CISM Maßnahmen unterstützten Einzelpersonen und Gruppen, sie waren eine Orientierung für Manager im Umgang mit Krisen, die Maßnahmen konnten bei der Krisenkommunikation und Information genutzt werden und stellten schnell Struktur und Gruppenzusammengehörigkeit wieder her.

Im Hochsicherheitsbereich wie der Flugsicherung ist CISM mittlerweile Standard. Im öffentlichen Raum tut man sich leider immer noch schwer, ein Peer gestütztes Kriseninterventionsprogramm aufzubauen. Dabei wäre eine Übertragung in öffentliche Einrichtungen wie Schulen oder Universitäten sinnvoll, da es gerade im öffentlichen Raum zu kritischen Ereignissen wie z.B. Gewalttaten kommen kann. Eine strukturierte Vorgehensweise würde sowohl den unterschiedlichen Betroffenengruppen, aber auch der Organisation helfen, kritische Ereignisse professionell handhaben zu können. Im Sinne von interdisziplinärer Zusammenarbeit ist ein Austausch nur zu unterstützen.

#### 5. Literatur

1. Leonhardt, J. & Vogt, J. 2007, Kulturelle Unterschiede in der Bewältigung kritischer Ereignisse. In: K. Boege & R. Manz (Hrsg.), Traumatische Ereignisse im interkulturellen Kontext. Kröning: Asanger, S. 63-86.
2. Leonhardt, J., Minder, C., Zimmermann, S., Mersmann, R. & Schultze, R. 2006, Case Study Lake Constance (Überlingen). In: J. Leonhardt & J. Vogt (Eds), Critical Incident Stress Management CISM in Aviation. Aldershot: Ashgate, S. 125-143.
3. Mitchell, J.T. & Everly, G.S. 2001, Critical Incident Stress Debriefing: An operations manual for CISM, defusing and other group crisis intervention services, 3rd edition. Ellicott City, MD: Chevron.
4. Pennig, S. 2008, Verhaltensvariabilität in erfolgskritischen Aufgabenbereichen: Eine strategische Steuerungsgröße? Entwicklung und Testung eines Rahmenmodells zur ökonomischen Evaluation von Personalmaßnahmen, Dissertation. Dortmund: Technische Universität Dortmund.
5. Vogt, J., Pennig, S. & Leonhardt, J. 2007, Critical Incident Stress Management in air traffic control and its benefits, Air Traffic Control Quarterly, 15, 127-156.



# Qualitätsmanagement zwischen Mitarbeiterbindung und lernförderlicher Organisation

Martin KRÖLL

*Institut für Arbeitswissenschaft, Ruhr-Universität Bochum,  
Universitätsstraße 150, D-44780 Bochum*

**Kurzfassung:** Um den immer größeren Anforderungen im Qualitätsmanagement gerecht zu werden, erweisen sich entsprechende innerorganisatorische Veränderungen als notwendig. Es besteht die Gefahr, dass MA aufgrund der steigenden Qualitätsanforderungen in einer Rechtfertigungsposition verharren und kaum Eigeninitiative zeigen. Die vorliegende empirische Studie wurde in einer Pflegeeinrichtung durchgeführt. Sie kommt zu dem unerwarteten Ergebnis, dass Angehörige der Pflegebedürftigen die höchsten Erwartungen an Pflegekräfte stellen. Es konnten Unterschiede bei der Beteiligung an Qualitätsmanagement-Aktivitäten herausgearbeitet werden, die vom Ausmaß der Mitarbeiterbindung abhängen. Zudem wurden Ansatzpunkte für die Lösungen der Schnittstellenproblematik herausgearbeitet.

**Schlüsselwörter:** Qualitätsmanagement, Pflegeleitbild, Umgang mit Fehlern, Beschwerdemanagement, Schnittstellenproblematik.

## 1. Hintergrund und Forschungsfrage

Die Anforderungen an das Qualitätsmanagement (QM) haben sich in den letzten Jahren erheblich erhöht. Dies betrifft insbesondere - wenn auch nicht nur - den Pflegektor. Als zentrale Grundlage für die Erzeugung und Verbesserung von Dienstleistungsqualität im Sinne unterschiedlicher Kundengruppen werden Kompetenzen auf individueller und organisatorischer Ebene, das Verhältnis von Führungskräften (FK) und Mitarbeitern (MA) sowie die Lernfähigkeit in und von Organisationen angesehen. Im Zentrum dieses Beitrags stehen Folgen steigender Anforderungen im QM, wobei insbesondere die innerorganisatorischen Zusammenhänge und die Bindung der MA an ihre Organisation untersucht werden. Die vorliegende Studie fand in einer Pflegeeinrichtung statt. Die ihr zugrunde liegende Leitfrage lautet: Welche innerorganisatorischen Zusammenhänge und personellen Gegebenheiten beeinflussen in entscheidender Weise die Herstellung von Dienstleistungsqualität? Ausgehend von den dabei gewonnen Erkenntnissen werden erste Konsequenzen für die Personal- und Organisationsentwicklung erörtert.

## 2. Theoretischer Bezugsrahmen und Erkenntnisstand

Den Bezugsrahmen für die wissenschaftliche Auseinandersetzung und die vorliegende empirische Studie bilden theoretische Ansätze zu folgenden Forschungsgebieten: (1) QM insbesondere im Dienstleistungs- (Bruhn 2008; Nerdinger & Neumann 2004) und Pflegebereich (Stemmer 2009), (2) Lernförderliche Organisationen und organisationales Lernen (Maria & Watkins 2003) und (3) Der psychologische Vertrag (Raja et al. 2004; Rousseau 1995).

Ein zentraler Ansatzpunkt des QM ist die Schaffung von Transparenz in den Prozessen, die aus der Sicht der verschiedenen Kundengruppen zur Dienstleistungsqualität beitragen. Dabei sind Schnittstellenprobleme offen zu legen und konstruktiv anzugehen, da diese die Grenzen und Möglichkeiten der Dienstleistungsqualität entscheidend beeinflussen. Weitere Aspekte des QM sind der Umgang mit Beschwerden und mit Fehlern (z.B. deren Vermeidung oder schnelle Behebung). Wenn die innerorganisatorische Umsetzung der angesprochenen Punkte nicht gelingt, kann die Qualität der Dienstleistung langfristig nicht sicher gestellt werden. Die Möglichkeiten und Grenzen dieser innerorganisatorischen Umsetzung hängen vom Ausmaß der MA-Bindung ab, welche in der vorliegenden Studie auf der Basis des Konzepts des psychologischen Vertrags erhoben wird. Um gestiegenen Anforderungen des QM gerecht zu werden, sind Organisationen herausgefordert, neben formellem auch informelles Lernen zu ermöglichen. Dabei spielt eine zentrale Rolle, inwieweit es der Organisation gelingt, lernförderliche Bedingungen zu schaffen bzw. die Organisation von den Organisationsmitgliedern (OM) als lernförderlich erlebt wird.

Will eine Organisation seine Dienstleistungsqualität verbessern, so ist die Frage, wer ihre Kunden sind und welche Erwartungen diese haben von zentraler Bedeutung. Bezogen auf Pflegeeinrichtungen wird davon ausgegangen (Hypothese H1), dass die Bewohner von OM als entscheidende Kunden angesehen werden, auf die die (Wertschöpfungs-)Prozesse ausgerichtet sind. Es liegt nahe, dass OM die Grundsätze des Pflegeleitbildes der Einrichtung auch in diesem Sinne (d.h. Priorität auf die Bewohner) gewichten. Das Pflegeleitbild ist für die OM zentraler Orientierungspunkt, an dem sie ihr Handeln ausrichten. Es wird angenommen, dass der unmittelbar zu pflegende Mensch im Zentrum ihres Handelns steht. Die anderen Punkte des Pflegeleitbilds werden OM demgegenüber eine geringere Bedeutung zuweisen. Der Umgang mit Bewohnern ist für OM zentraler Punkt des Pflegeleitbilds (Hypothese H2).

Pflegeeinrichtungen fühlen sich mit immer höheren Anforderungen an ihre Qualität konfrontiert. Dabei stellt die externe Qualitätskontrolle eine besondere Herausforderung dar. Um sich vor Kritik zu schützen, besteht bei OM die Gefahr, dass diese sich auf dokumentierbare Prozesse zurückziehen und sich eher von dem Prinzip „Dienst nach Vorschrift“ leiten lassen (Höhmnn 2009, S. 21), weswegen wenig Eigeninitiative gezeigt wird. Ohne ein gewisses Maß an Eigeninitiative ist die Gewährleistung von Dienstleistungsqualität jedoch nicht möglich. Daraus ergibt sich folgende These: a) MA handeln nur in begrenztem Maße eigeninitiativ, b) die FK erwarten mehr Eigeninitiative von ihren MA (Hypothese H3).

Mit Beschwerden und Fehlern können OM entweder aktiv oder defensiv umgehen. Zudem können beide als Lernchance angesehen und genutzt werden. OM, die eine hohe MA-Bindung haben, betreiben aktives Beschwerdemanagement und bringen sich in QM-Aktivitäten der Organisation ein. MA mit geringerer Bindung zeigen passives Beschwerdemanagement und bringen sich kaum ein (Hypothese H4).

Der Pflegebereich ist mit allen anderen Bereichen einer Pflegeeinrichtung am engsten verknüpft, z.B. mit Küche, Verwaltung, Hauswirtschaft oder sozialem Dienst. Außerdem ist der Druck der externen Qualitätskontrolle bezogen auf diesen Bereich am größten. Demzufolge fällt dem Pflegebereich eine Schlüsselrolle zu, wenn es um die Lösung der Schnittstellenproblematik geht (Hypothese H5).

### 3. Methodisches Vorgehen und Untersuchungsdesign

Die Untersuchung erstreckte sich über den Zeitraum vom Sommer 2009 bis zum Frühjahr 2010. Sie wurde in einer privaten Pflegeeinrichtung durchgeführt. Im ersten Befragungsdurchgang wurden 25 MA und 5 FK mit zwei halbstandardisierten Fragebögen in einem 1- bis 2- stündigem Gespräch interviewt. Die Fragen wurden auf die Akteursgruppen MA (unterteilt in Pflegekräfte (PK) sowie Nicht-Pflegekräfte (NPK)) und FK abgestimmt, sodass ein Vergleich und eine Spiegelung der Fragen möglich waren. Der Fragebogen umfasste sowohl geschlossene (5-Punkte-Likert-Skala, Zustimmung vs. Ablehnung) als auch offene Fragen (stichpunktartig protokolliert). Die Resultate dieser Befragung wurden ausgewertet und auf einem Workshop, an dem die Befragten sowie weitere OM teilnahmen, präsentiert. Ausgehend von den Ergebnissen wurde eine zweite Befragung durchgeführt. An dieser Befragung nahmen die bereits befragten MA und FK teil. Offene wurden in geschlossene Fragen umgewandelt und ergänzende Fragen wurden hinzugefügt. Bei Zusammenhangshypothesen wurden Korrelationen und bei Unterschiedshypothesen T-Tests berechnet.

## 4. Ergebnisse

### 4.1 Kundengruppen

Verschiedene Akteure der Einrichtung (PK, NPK, FK) beschreiben unterschiedliche Erwartungsmuster, die von internen und externen Kunden an sie gerichtet werden: PK sehen die höchsten Erwartungen bei den (1) Angehörigen (Mittelwert(M)=4,33, Standardabweichung (SD)=0,778), gefolgt von (2) FK (M=4,0, SD=0,739), (3) Bewohnern (M=3,92, SD=0,996), (4) Kollegen (M=3,75, SD=0,866) und (5) der Pflegekasse (M=3,22, SD=1,202). Für die NPK ergibt sich im Vergleich zu PK eine andere Gewichtung: hier stehen (1) FK (M=4,11, SD=0,928) an erster Stelle, gefolgt von (2) Kollegen (M=4,0, SD=0,866). Anschließend kommen (3) Bewohner (M=3,33, SD=1,225) und erst an vierter Stelle stehen (4) Angehörige (M=3,29, SD=1,380). Für die FK stehen Bewohner (M=4,4, SD=0,894) vor Angehörigen (M=4,20, SD=0,447) gefolgt von Pflegekasse (M=4,00, SD=1,414), FK, (M=4,00, SD=0,707) und Kollegen (M=3,8, SD=0,447).

### 4.2 Pflegeleitbild

Die OM wurden danach gefragt, welche drei Aussagen des Pflegeleitbilds für ihre tägliche Arbeit am wichtigsten sind. Sowohl MA als FK räumen den folgenden zwei Aussagen einen zentralen Stellenwert ein: 1. respektvoller Umgang mit Mitmenschen (MA: 30 %, FK 36 %) und 2. aktivierende und individuelle Pflege (MA: 26 %, FK 29 %). Bezogen auf den dritten Punkt gibt es Unterschiede: Während MA die Begleitung sterbender und kranker Menschen an dritter Stelle nennen (MA: 18 %; FK 7 %), ist es bei den FK die Kooperation mit den anderen Berufsgruppen (FK: 21 %; MA: 8 %). Nur eine geringe Bedeutung haben Kontinuierliche Weiterentwicklung der eigenen Pflegefachlichkeit (MA: 10 %; FK: 7%) und Unterstützung der Angehörigen (MA: 10 %; FK: 0 %). Keinen Stellenwert hat die Pflegeprozessplanung (MA: 0%; FK: 0%). Ausgehend von den ausgeführten Punkten räumen OM den Bewohnern als Menschen einen herausragenden Stellenwert ein. Gleichzeitig ist überraschend, dass FK glauben, ihre MA identifizieren sich weniger mit dem Pflegeleitbild der Organisation

( $M=4,00$ ,  $SD=0,000$ ) als diese es für sich angeben ( $M=4,37$ ,  $SD=1,116$ ;  $t_{18}=5,344$ ,  $p<0,000$ ).

#### 4.3 Eigenverantwortung

Nach Einschätzung der MA sind ihre FK mit dem Ausmaß ihrer Eigeninitiative zufrieden (MA:  $M=3,95$ ;  $SD=0,705$ ). Dies ist deckungsgleich mit der Einschätzung der FK (FK:  $M=3,60$ ;  $SD=0,548$ ). Signifikante Unterschiede gab es im Hinblick auf die Frage, ob MA gerne mehr Eigeninitiative zeigen würden (FK:  $M=2,80$ ;  $SD=0,837$ ; MA:  $M=4,16$ ;  $SD=0,958$ ). Während MA mehr Eigeninitiative zeigen wollen, schätzen FK die MA anders ein ( $T_{22}=2,882$ ;  $p<0,009$ ; Effektstärke:  $d=1,229$ ). Auf die Frage, ob FK ihnen mehr Eigeninitiative nicht zutrauen, lautet die Antwort der MA eher teils/teils (MA:  $M=2,50$ ;  $SD=1,150$ ). Auf die parallel an FK gestellte Frage, ob sie ihren MA nicht mehr Eigeninitiative zutrauen, antworten diese mit eher ja (FK:  $M=3,25$ ;  $SD=0,957$ ). Dieses Ergebnis wirft die Frage auf, warum das Zutrauen der FK in ihre MA hier vergleichsweise gering ist. Auch trauen sich die MA nur eher teils/teils zu, selber mehr Eigeninitiative zu zeigen (MA:  $M=2,78$ ;  $SD=1,517$ ). Die Bereitschaft zu mehr Eigeninitiative ist bei MA vorhanden, aber es fehlt einem Teil der MA das Vertrauen in ihre Fähigkeit. Auch FK sehen dieses Problem (FK:  $M=3,40$ ;  $SD=0,894$ ).

#### 4.4 Fehlerumgang

Sowohl PK als auch NPK sind bestrebt, eigene Fehler und Fehler anderer selbst oder mit Kollegen zu lösen. Die Bereitschaft, FK über eigene Fehler und insbesondere die Fehler anderer zu informieren, ist hingegen geringer ausgeprägt. MA sind eher bestrebt, Fehler selbst oder in Zusammenarbeit mit Kollegen zu lösen ohne die FK zu informieren. An dieser Stelle ist es wichtig anzumerken, dass diese Form der Eigeninitiative der MA von der FK nicht ohne weiteres wahrgenommen wird (bzw. werden kann), da sie FK über Fehler nur partiell informieren. Das MA Fehler nicht bewusst ignorieren, war zu erwarten. Den MA kann es aber durchaus passieren, dass sie nicht sofort auf Fehler eingehen können (bei eigenen Fehlern:  $M=2,55$ ,  $SD=0,686$ , bei Fehlern anderer:  $M=2,85$ ,  $SD=0,587$ ) oder aufgrund zeitlicher Engpässe (bei eigenen Fehlern:  $M=2,85$ ,  $SD=0,933$ , bei Fehlern anderer:  $M=3,35$ ,  $SD=0,745$ ) keine sofortigen Bewältigungsmöglichkeiten haben.

#### 4.5 Schnittstellenproblematik

Es wurden sechs Schnittstellen untersucht: 1. Pflege und Hauswirtschaft, 2. Pflege und Küche, 3. Küche und Hauswirtschaft, 4. Küche und Verwaltung, 5. Pflege und Verwaltung sowie 6. Sozialdienst und Pflege. Die größten Verbesserungspotentiale werden an der Schnittstelle zwischen Pflege und Küche gesehen ( $M$  für MA= $2,38$ ;  $SD=0,650$ ;  $M$  für FK= $2,40$ ;  $SD=0,548$ ). 56 % der MA und FK sehen hier große bis sehr große Verbesserungsmöglichkeiten. Die zweitgrößte Schnittstellenproblematik stellt sich im Hinblick auf die Zusammenarbeit zwischen Pflege und Hauswirtschaft ( $M$  für MA= $2,89$   $SD=1,231$ ;  $M$  für FK= $2,50$ ;  $SD=0,577$ ). Das Ausmaß des Verbesserungspotentials ist ähnlich hoch wie im vorausgegangenen Fall.

Im nächsten Schritt wurde mit Hilfe von je acht Items gefragt, welche Punkte auf Verbesserungspotentiale hinweisen und was eine Verbesserung bisher verhinderte. Es wurden Mittelwerte zu den sich wiederholenden Items über alle Schnittstellen berechnet, um aufzudecken durch welche Ausprägungen die Schnittstellenproblematik

insgesamt sichtbar wird und was die generellen Gründe sind. Nach Einschätzung der FK drückt sich die Notwendigkeit der Verbesserung darin aus, dass die Arbeitszufriedenheit sinkt ( $M=2,95$ ;  $SD=0,59$ ) und sich die Zahl der Beschwerden durch Angehörige erhöht ( $M=2,80$ ;  $SD=0,65$ ). An dritter Stelle weisen sie darauf hin, dass die Zahl der Fehler zunimmt ( $M=2,65$ ;  $SD=0,54$ ). Demgegenüber steht dieser Punkt für MA an erster Stelle ( $M=2,61$ ,  $SD=0,67$ ) gefolgt von der Auswirkung, dass die Arbeitszufriedenheit sinkt ( $M=2,49$ ,  $SD=0,91$ ) und die Bewohnerzufriedenheit abnimmt ( $M=2,44$ ,  $SD=,85$ ). Dass es zu mehr Beschwerden von Angehörigen kommt wird von MA ( $M=2,17$ ,  $SD=,90$ ) nicht so stark gewichtet wie von FK.

Sowohl MA als auch FK nennen als Gründe für die vorhandenen Schnittstellenprobleme vor allem die unzureichende Kommunikation zwischen Beteiligten und Betroffenen (MA:  $M=3,02$ ,  $SD=1,14$ ; FK:  $M=3,45$ ,  $SD=0,53$ ), nicht klar definierte Prozesse (MA:  $M=2,30$ ,  $SD=0,98$ ; FK:  $M=3,40$ ,  $SD=0,64$ ), fehlendes Verständnis für die Position des Anderen (MA:  $M=2,51$ ,  $SD=1,00$ ; FK:  $M=2,96$ ,  $SD=0,38$ ) und fehlende MA-Kompetenzen (MA:  $M=2,43$ ,  $SD=1,15$ ; FK:  $M=2,78$ ,  $SD=0,73$ ). Die Reihenfolge der Nennungen ist bei MA und FK identisch. Hohe Standardabweichungen verweisen darauf, dass es hier bezogen auf die einzelnen Schnittstellen unterschiedliche Auffassungen zwischen den MA und zwischen den FK gibt. Relativ geringe Standardabweichungen verweisen eher auf ein generelles Problem.

Zudem wurde untersucht, bei welchen Schnittstellen die unerwünschten Ausprägungen der Schnittstellenproblematik am intensivsten auftreten. Bezogen auf die Beschwerden der Angehörigen werden von FK und von MA die Schnittstellen Pflege & Küche (FK:  $M=3,4$ ;  $SD=0,894$ ), Pflege & Verwaltung (FK:  $M=3,33$ ;  $SD=1,155$ ) sowie Pflege & Hauswirtschaft (FK:  $M=3,0$ ;  $SD=1,155$ ) als problematisch eingestuft. Auch bezogen auf die zentrale Ursache, die die Verbesserung der Schnittstellen verhindert, nämlich die unzureichende Kommunikation zwischen Beteiligten und Betroffenen, wurden die Schnittstellen unterschiedlich gewichtet. Im Hinblick auf diesen Punkt wird die Schnittstelle von Pflege & Küche sowohl aus der Sicht der MA ( $M=3,13$   $SD=1,246$ ) als auch aus der der FK ( $M=3,80$ ;  $SD=,837$ ) an erster Stelle genannt.

#### *4.6 MA-Bindung und Unterstützung durch FK*

Obwohl fast alle MA einen auf  $\frac{1}{2}$  bis 1 Jahr befristeten Vertrag haben, konnte bei ihnen eine vergleichsweise hohe MA-Bindung festgestellt werden ( $M=4,33$  (stark bis sehr starke Verbundenheit),  $SD=0,767$ ). Je höher die MA-Bindung ist, desto höher ist die Bereitschaft der MA sich an der Arbeit der Qualitätszirkel zu beteiligen ( $r=0,536$ ,  $p<0,007$ ) und desto besser wird der Ruf der Einrichtung eingeschätzt ( $r=0,495$ ,  $p<0,016$ ). Die Berücksichtigung der Wünsche der MA bei der Dienstplangestaltung scheint eine gute Möglichkeit zu bieten, auf die MA-Bindung Einfluss zu nehmen: Je häufiger die Wünsche der MA hierbei berücksichtigt werden, desto wahrscheinlicher ist es, dass MA der Einrichtung verbundener ( $r=,491$ ,  $p<0,038$ ) und zufriedener am Arbeitsplatz ( $r=0,652$ ,  $p<0,001$ ) sind sowie sich mit dem Pflegeleitbild der Einrichtung mehr identifizieren ( $r=0,631$ ,  $p<0,001$ ).

In 5 Bereichen fühlen sich PK schlechter unterstützt, als die FK glauben, dass sie unterstützen können. Hier sind insbesondere folgende Abweichungen in den Bereichen Beschwerdemanagement ( $M$  für MA=3,36,  $SD=1,277$ ;  $M$  für FK=4,33,  $SD=1,155$ ) und soziale Betreuung ( $M$  für MA=3,42,  $SD=1,240$ ;  $M$  für FK=4,67,  $SD=0,577$ ) hervorzuheben. Im Zusammenhang mit QM ist der Punkt Beschwerdemanagement von zentraler Bedeutung.



#### 4.7 PE-Instrumente

Es zeigen sich folgende Unterschiede: Während PK Fallbesprechungen als geeignet einstufen ( $M=4,83$ ,  $SD=0,389$ ), sehen NPK ( $M=3,75$ ,  $SD=1,832$ ) und FK ( $M=3,25$ ,  $SD=1,708$ ) dieses weniger. FK ( $M=4$ ,  $SD=0,00$ ) und NPK ( $M=3,78$ ,  $SD=1,481$ ) weisen demgegenüber Rollenspielen einen hohen Stellenwert zu, PK einen geringen ( $M=2,25$ ,  $SD=1,357$ ). Bei FK stoßen Seminare auf weniger Begeisterung: MA:  $M=4,43$ ,  $SD=1,121$ , FK:  $M=3,00$ ,  $SD=1,414$ ;  $t_{23}=2,250$ ,  $p<0,034$ . Es wird deutlich, dass bezogen auf PE und deren Inhalte ein zielgruppenspezifisches Vorgehen notwendig ist. Gemeinsam ist allen drei Gruppen, dass sie Gespräche und Gruppenarbeit als geeignete Weiterbildungsinstrumente einstufen.

### 5. Resümee und Ausblick

Hypothese 1 konnte nicht bestätigt werden. Vielmehr sind es die Angehörigen der Pflegebedürftigen, die die höchsten Erwartungen an die PK richten. Sie stellen eine zentrale Herausforderung dar und sind demzufolge eine nicht zu vernachlässigende Kundengruppe. Da die Angehörigen zentralen Einfluss auf den (Nicht-) Verbleib des Bewohners in der Einrichtung haben, sind sie zumindest aus der Sicht der Organisation als Key-Kunden anzusehen, insbesondere im Fall der Kurzzeitpflege. In der Regel haben PK aber bisher den Umgang mit dieser Personengruppe nicht gelernt. Dabei fällt es ihnen besonders schwer angemessen zu reagieren, wenn Angehörige Hinweise bzw. Beschwerden sehr persönlich vortragen.

Hypothese 2 konnte nicht widerlegt werden. Insbesondere für MA stehen der respektvolle Umgang mit Mitmenschen, Pflege sowie Begleitung kranker und sterbender Menschen im Mittelpunkt ihres Handelns. Gleichzeitig wurde aber auch deutlich, dass die Unterstützung der Angehörigen für OM kaum eine Rolle für ihre tägliche Arbeit spielt. Das weist darauf hin, dass die Zusammenarbeit zwischen OM und Angehörigen ein großes Konfliktpotential bietet und zu Spannungen führen kann. Der respektvolle Umgang mit Mitmenschen stellt für OM eine zentrale Handlungsmaxime dar und ist als eine Stärke der Organisation anzusehen. Um die Zusammenarbeit mit Angehörigen weiter zu entwickeln, ist es vielleicht hilfreich an diese Stärke anzuknüpfen.

Hypothese 3 konnte nicht bestätigt werden. Die Bereitschaft, mehr Eigeninitiative zu zeigen, ist bei den MA höher als die FK bisher gedacht haben. Auch dies kann durchaus als Stärke der Organisation angesehen werden, an die künftige Personal- und Organisationsentwicklungsaktivitäten anknüpfen können. Dabei darf das Defizit nicht ignoriert werden, dass MA sich selbst das Zeigen von Eigeninitiative zu wenig zutrauen.

Hypothese 4 konnte nicht widerlegt werden. Es gibt Indizien, das OM mit einer hohen MA-Bindung sich aktiver in QM-Aktivitäten der Organisation einbringen. An dieser Stelle gibt es aber noch Forschungsbedarf, insbesondere was den Zusammenhang zwischen MA-Bindung und den Umgang mit Beschwerden sowie mit Fehlern angeht.

Auch Hypothese 5 wurde durch die vorliegende Studie bestätigt. Demzufolge scheint dem Pflegebereich eine Schlüsselrolle bei der Lösung der Schnittstellenproblematik in Pflegeeinrichtungen zuzufallen. Dabei ist zu bedenken, dass Schnittstellenprobleme immer zu Schwierigkeiten bei der Erstellung von Dienstleistungsqualität führen. Die Transparenz über diese Probleme stellt eine zentrale Voraussetzung dar,



um die Qualität zu verbessern. Ansatzpunkte für künftige Personal- und Organisationsentwicklungsaktivitäten könnten sein, die Prozesse in der Einrichtung klarer zu definieren, das Verständnis für die Position des jeweils Anderen zu schaffen und die Kommunikation zwischen Beteiligten und Betroffenen zu verbessern.

Wenn nicht versucht wird, die gestiegenen Qualitätsansprüche durch entsprechende innerorganisatorische Maßnahmen abzustützen, geht dies zu Lasten der MA und es besteht die Gefahr, dass ein bestimmtes Qualitätsniveau nur vordergründig und temporär sichergestellt wird. Im nächsten Schritt ist zu klären, inwieweit die Aufdeckung des jeweiligen psychologischen Vertrags der OM für die Lösung der Schnittstellenprobleme sowie für den Einsatz von QM-Instrumenten genutzt werden kann und welche Rolle in diesem Zusammenhang das organisationale Lernen spielt.

## 6. Literatur

1. Bruhn, M. 2008, Qualitätsmanagement für Dienstleistungen, 7. Auflage. Springer: Heidelberg.
2. Höhmann, U. 2009, Voraussetzungen und Möglichkeiten berufs- und einrichtungsübergreifender Kooperation zur Verbesserung der Versorgungsqualität pflegebedürftiger Menschen. In: R. Stemmer (Hrsg.), Qualität in der Pflege – trotz knapper Ressourcen. Hannover: Schlütersche, S. 11–28.
3. Maria, R.F. & Watkins, K.E. 2003, Perception of learning culture and concerns about the innovation on its use: a question of level of Analysis, Human Resource Development International, 6, 491–508.
4. Nerdinger, F.W. & Neumann, C. 2007, Kundenzufriedenheit und Kundenbindung. In: K. Moser (Hrsg.), Wirtschaftspsychologie. Springer: Heidelberg, S. 127–146.
5. Raja, U., Johns, G. & Ntalianis, F. 2004, The impact of personality on psychological contracts, Academy of Management Journal, 47, 350–367.
6. Stemmer, R. (Hrsg.) 2009, Qualität in der Pflege – trotz knapper Ressourcen. Hannover: Schlütersche.
7. Rousseau, D.M. 1995, Psychological contracts in organizations. Thousands Oaks: Sage.



# **Zum Zusammenhang zwischen Mehrarbeit, Personalstand und krankheits- und unfallbedingten Ausfallzeiten – Ergebnisse einer zeitreihenanalytischen Untersuchung in einem Betrieb der Automobilindustrie**

Gunnar HOYER<sup>1</sup> und Friedhelm NACHREINER<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Julius-Maximilians-Universität Würzburg, Institut für Psychologie,  
Röntgenring 10, D-97070 Würzburg*

<sup>2</sup> *GAWO e.V., Achterdiek 50, D-26131 Oldenburg*

**Kurzfassung:** Mit routinemäßig erfassten Betriebsdaten und unter Zuhilfenahme zeitreihenanalytischer Analyseinstrumente wurde untersucht, ob die betriebliche Personalausstattung die Überstundenarbeit direkt und zeitversetzt steuert und in welchem Umfang das Überstundenvolumen wiederum die krankheits- und unfallbedingten Fehlzeiten beeinflusst. Es zeigte sich, dass eine mit den Produktionsanforderungen nur unzureichend abgestimmte Personalplanung moderiert über die anfallende Überstundenarbeit zu einer Zunahme der krankheits- sowie unfallbedingten Fehlzeiten führt.

**Schlüsselwörter:** Personalstand, Überstunden, Fehlzeiten, Zeitreihenanalyse.

## **1. Einleitung**

Unter Ausnutzung flexibler Arbeitszeitsysteme (z.B. Arbeitszeitkonten) kommt es bei unzureichender oder nur knapp kalkulierter Personalausstattung in vielen deutschen Unternehmen zu einer permanenten Ausdehnung der tarifvertraglich vereinbarten Arbeitszeit (Bellmann & Gewiese 2003). Dabei ist hinreichend belegt, dass ein Zusammenhang zwischen der Dauer der Arbeitszeit und gesundheitlichen Beeinträchtigungen existiert und das Unfallrisiko mit der Zunahme der Arbeitszeit ebenfalls zunimmt (vgl. zusammenfassend Wirtz 2010).

Viele der vorliegenden Untersuchungen zu den Auswirkungen langer Arbeitszeiten basieren jedoch lediglich auf subjektiven Daten, die mittels Befragung der Betroffenen erhoben wurden. Daher sollte in dieser Studie untersucht werden, ob die negativen Folgen langer Arbeitszeiten auch anhand routinemäßig erhobener, nicht-reaktiver Betriebsdaten nachweisbar sind und sich z.B. in den betrieblichen Fehlzeiten niederschlagen.

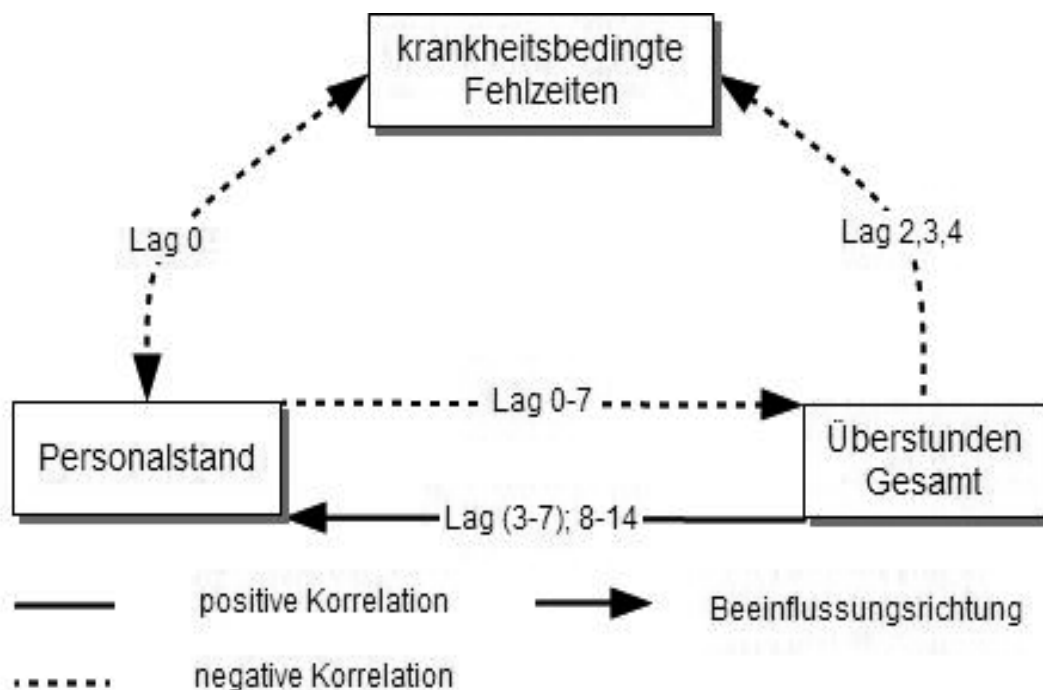
Daraus ergaben sich folgende Fragestellungen: (1) Wie wirken sich die insgesamt über mehrere Jahre auf Arbeitszeitkonten angesammelten Überstunden – als Indikator für die akkumulierte Belastung – auf die krankheits- und unfallbedingten Ausfallzeiten aus? (2) Inwieweit beeinflusst die Personalausstattung die anfallende Mehrarbeit und darüber wiederum die Fehlzeiten? (3) Können aus den Ergebnissen Wirksysteme abgeleitet werden, die Aufschluss darüber geben, wie sich die beteiligten Variablen wechselseitig im Zeitverlauf beeinflussen?

## 2. Methode

Die Daten der hier untersuchten Variablen (krankheitsbedingte Fehlzeiten, Personalstand sowie Überstunden) wurden zwischen 2003-01 und 2007-12 in zwei Montageabteilungen eines deutschen Automobilherstellers routinemäßig erfasst und lagen als monatliche Durchschnittswerte ( $n = 60$ ) in Form von Zeitreihen vor. Da sowohl direkte, zeitversetzte als auch moderierende Kausalzusammenhänge zwischen diesen Variablen vermutet wurden, erschienen zeitreihenanalytische Methoden zielführend (vgl. Chatfield 2004). Um die vermuteten Kausalitäten und Beziehungsstrukturen der (bereinigten) Zeitreihen zu analysieren, wurden mit Hilfe des Programmsystems R Kreuzkorrelationsfunktionen (CCF) zwischen den beteiligten Variablen berechnet (zu den methodischen Details dieser Untersuchung sowie detaillierteren Ergebnissen vgl. Hoyer 2009).

## 3. Ergebnisse

Die Ergebnisse der berechneten Kreuzkorrelationsfunktionen zeigen, dass zwischen den beteiligten Zeitreihen recht komplexe und zum Teil wechselseitige, rückgekoppelte Beziehungen existieren. In Abbildung 1 sind alle relevanten und signifikanten Korrelationen der durchgeführten CCFs der Zeitreihen krankheitsbedingte Fehlzeiten, Personalstand und Überstunden in einem Pfeildiagramm (Wirkssystem) dargestellt.



**Abbildung 1:** Wirksystem der Zeitreihen krankheitsbedingte Fehlzeiten, Personalstand und Überstunden

Die Pfeilrichtung gibt die Wirkrichtung der Beeinflussung an, die Linienkodierung gibt an, ob positive (durchgezogene Linie) oder negative (gestrichelte Linien) Korrelationen zwischen den Zeitreihen existieren. Die Beschriftung der Pfeile zeigt die zeitliche Verzögerung der Korrelation (Lags) in Monaten an. Angaben in Klammern kenn-

zeichnen nur annähernd signifikante Beziehungen.

Dem Wirksystem in Abbildung 1 lässt sich entnehmen, dass zwischen den Zeitreihen Überstunden und Personalstand eine reziproke Beziehung existiert. Der untere Pfeil zwischen Personalstand und Überstunden repräsentiert die signifikanten Korrelationen bei den Lags 8 bis 14 ( $r = .307 - r = .467$ ). Die vorgefundenen Korrelationen zeigen, dass einem durchschnittlich höherem auf Arbeitszeitkonten angesammelten Überstundenvolumen 8-14 Monate verzögert ein Personalaufbau folgt (und umgekehrt). Der obere Pfeil steht für die negativen Korrelationen bei den Lags 0 bis 7 ( $r = -.278 - r = -.521$ ), die darauf hinweisen, dass eine bessere Personalausstattung ohne zeitliche Verzögerung einen Überstundenabbau ermöglicht und darüber hinaus mit weniger mitgeschleiften Überstunden einhergeht, was wiederum bedeutet, dass eine bessere Personalausstattung mit einer geringeren zeitlichen Belastung verbunden ist; und zwar vor- wie nachlaufend ( $\approx$  weniger Überstunden), wobei sich der Zeitversatz allerdings unterscheidet.

Abbildung 1 kann ebenfalls entnommen werden, dass zwischen den Zeitreihen Personalstand und krankheitsbedingte Fehlzeiten eine zeitgleiche negative Korrelation (von  $r = -.357$ ) existiert, was bedeutet, dass ein niedrigerer Personalstand mit höheren krankheitsbedingten Fehlzeiten einhergeht. Da die vorgefundene Korrelation nicht zeitversetzt ist, kann nicht beurteilt werden, welche Zeitreihe die beeinflussende und welche die beeinflusste ist, dies ließe sich u.U. erst durch eine Analyse mit höherer (z.B. wöchentlicher oder täglicher) Auflösung feststellen. Es wird aber angenommen, dass die negative Korrelation durch die vom Personalstand gesteuerte Überstundenarbeit moderiert wird; und zwar derart, dass die negative Korrelation zwischen Personalstand und Fehlzeiten deswegen existiert, weil eine geringere Personalausstattung zeitgleich mit durchschnittlich höheren akkumulierten Überstundenvolumen einhergeht – also zu einer höheren akkumulierten Belastung führt (eine umgekehrte Wirkungsrichtung erscheint sachlich nicht nachvollziehbar).

Darüber hinaus haben die CCFs allerdings auch unerwartete Ergebnisse hervorgebracht. Die krankheitsbedingten Fehlzeiten nehmen den Ergebnissen entsprechend und entgegen der theoretischen Annahme infolge einer hohen akkumulierten Belastung (viele Überstunden angesammelt) mit einer zeitlichen Verzögerung von zwei bis vier Monaten ab ( $r = -.308 - r = -.426$ ). Diese negativen Korrelationen werden möglicherweise durch den Rekrutierungsprozess verursacht, der aufgrund der hohen akkumulierten Überstundenvolumen eingeleitet wird. Erwartungsgemäß sollten neu rekrutierte und damit zeitlich weniger vorbelastete Mitarbeiter die durchschnittlichen krankheitsbedingten Fehlzeiten im Betrieb reduzieren.

#### 4. Diskussion

Die Ergebnisse der berechneten CCFs der Zeitreihen Überstunden und Personalstand zeigen, dass der Personalstand im gesamten Betrachtungszeitraum eine sehr unbeständige Zeitreihe ist und je nach angesammeltem Überstundenvolumen entweder auf- oder abgebaut wird. Eine Personalaufstockung wird nach den vorgelegten Ergebnissen erst eingeleitet, wenn die Mitarbeiter bereits ein hohes Überstundenvolumen auf ihren Arbeitszeitkonten angesammelt haben, wohingegen der Personalabbau eingeleitet wird, sobald ein Überstundenausgleich möglich ist. Das hatte zur Folge, dass im gesamten Betrachtungszeitraum – bis auf kurze und zeitlich begrenzte Phasen des Überstundenabbaus – hohe Überstundenvolumen geleistet werden mussten. Daher kann aus den Ergebnissen abgeleitet werden, dass in dem un-

tersuchten Unternehmen keine präventive, gesundheitsfördernde und mit den Produktionsanforderungen adäquat abgestimmte Personalpolitik verfolgt wurde, sondern bestenfalls eine reaktive. In weiteren, hier nicht dargestellten Analysen konnte empirisch abgesichert werden, dass ein hohes monatliches Überstundenvolumen, ein bis zwei Monate zeitlich verzögert, zu höheren krankheits- und unfallbedingten Fehlzeiten führt (vgl. auch Abb. 1, sowie Hoyer 2009, zu den unfallbedingten Fehlzeiten).

Auf der Grundlage der ermittelten Ergebnisse kann den Unternehmen daher nur empfohlen werden, die Personalausstattung präventiv so zu steuern, dass eine (insbesondere kontinuierliche) Akkumulation von Mehrarbeit auf Arbeitszeitkonten weitestgehend vermieden wird – weil ansonsten offensichtlich eine Beeinträchtigung der Sicherheit und Gesundheit der Mitarbeiter zu erwarten ist

Es muss hier allerdings noch einmal darauf hingewiesen werden, dass bei den vorgelegten Ergebnissen eine Drittverursachung nicht ausgeschlossen werden kann, auch wenn aufgrund der umfangreichen Bereinigung der Zeitreihen Pseudokorrelationen weitestgehend ausgeschlossen werden können. Darüber hinaus erschien es interessant, (1) Analysen mit einer höheren Auflösung (z.B. Wochen oder Tage) durchzuführen, und (2) Produktionszahlen in die Analysen einzubeziehen, um detaillierteren und ggf. auch kurzzyklischeren Abhängigkeiten zwischen den beteiligten Variablen nachgehen zu können.

Wie die berichteten Ergebnisse darüber hinaus jedoch bereits belegen, lassen sich betriebliche Routinedaten mit Hilfe zeitreihenanalytischer Methoden effektiv und effizient dazu nutzen, die Personalplanung im Betrieb zu optimieren – mit dem Ziel einer präventiven Reduktion der krankheits- und der unfallbedingten Fehlzeiten – und deren Kosten.

## 5. Literatur

1. Bellmann, L. & Gewiese, T. 2003, Betriebliche Arbeitszeitstrukturen in der Bundesrepublik Deutschland. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW.
2. Chatfield, C. 2004, The analysis of time series. An introduction. Boca Raton, FL: CRC.
3. Hoyer, G. 2009, Zum Zusammenhang zwischen Personalstand, Mehrarbeit und krankheits- und unfallbedingten Ausfallzeiten – Ergebnisse einer zeitreihenanalytischen Untersuchung in einem Betrieb der Automobilindustrie, unveröffentlichte Diplomarbeit. Oldenburg: Carl von Ossietzky Universität.
4. Wirtz, A. 2010, Lange Arbeitszeiten, Forschungsbericht der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW (im Druck).



# Ökonomie experimentalpsychologischer Messung im Anwendungskontext

Edmund WASCHER und Sven HOFFMANN

*IfADo - Leibniz-Institut für Arbeitsforschung an der TU Dortmund,  
Ardeystrasse 67, D-44139 Dortmund*

**Kurzfassung:** Die Anwendung experimentalpsychologischer Paradigmen im Feld erfordert oft eine verkürzte Messzeit im Vergleich zur Laborsituation. Ein zentrales Problem hierbei ist ein adäquates Verhältnis zwischen Ökonomie der Messzeit und interner Validität des Tests zu finden. So existieren bis heute nur wenige Instrumente, um die Anzahl der erforderlichen Darbietungen in einem Reaktionszeitexperiment entsprechend abzuschätzen. Dies ist, abgesehen von der oft nicht geprüften externen Validität von Grundlagenexperimenten, womöglich einer der Gründe, warum diese selten ihren Weg in die Anwendung finden. Im Folgenden wird ein Ansatz vorgeschlagen, welcher zum Einen erlaubt, das Minimum notwendiger Durchgänge in einem psychologischen Experiment adaptiv an einzelne Versuchspersonen anzupassen sowie die Güte einzelner Messungen abzuschätzen.

**Schlüsselwörter:** Testgüte, Reaktionszeiten, kognitive Ergonomie.

## 1. Einleitung

Experimentalpsychologische Messungen im angewandten Kontext orientieren sich gerne an im Grundlagenbereich erprobten Paradigmen, da von diesen ausreichend Informationen sowohl zum theoretischen Hintergrund als auch zu grundlegenden Testgütekriterien vorliegen. Dabei müssen die experimentellen Paradigmen an die Erfordernisse der Feldumgebung angepasst werden, wobei eine Reihe von Problemen auftreten, welche die Messgüte beeinträchtigen können.

Ein zentraler Faktor ist hierbei die zeitliche Ökonomie bei gleichzeitig hoher Genauigkeit des Messinstruments. Im Vergleich zum Grundlagenlabor können im Feld viele Störvariablen nicht kontrolliert werden. Dies führt unweigerlich dazu, dass die interne Validität des ursprünglichen Paradigmas sinkt. Um diese Problematik zumindest ansatzweise zu kompensieren, müsste die Anzahl der Versuchsdurchgänge erhöht werden, um den Messfehler zu verringern (was sich zusätzlich positiv auf die interne Konsistenz der experimentellen Ergebnisse auswirkt). Im Grundlagenbereich werden häufig sehr viele Versuchsdurchgänge durchgeführt, um die Wahrscheinlichkeit eines Fehlers 2. Ordnung (irrtümliche Annahme, dass kein Effekt vorliegt) zu minimieren. Die Anzahl der Durchgänge wird dabei sehr oft intuitiv festgelegt, oder von vergleichbaren Experimenten aus der Literatur abgeleitet. Die für die angewandte Messung erforderlichen, zusätzlichen Versuchsdurchgänge würden sehr aufwendige Versuche zur Folge haben.

Im Sinne ökonomischer und qualitativ hochwertiger Testung wäre es daher wünschenswert, auf Basis fundierter Parameter die Anzahl der Durchgänge zu finden, die einen gegebenen Effekt möglichst gut abbildet, ohne unnötige Messzeit zu erfordern. Wir wollen hier zeigen, dass sich über Parameter der klassischen Testtheorie

Gütekriterien finden lassen, welche die Qualität experimenteller Daten bereits während individueller Messungen einschätzen lassen und darüber hinaus als Instrument genutzt werden können, die Datenqualität selektiv zu erhöhen. Darüber hinaus wollen wir zeigen, dass sich dieser Ansatz dazu eignet, bereits während der Messung adaptiv die Qualität der Daten zu erfassen und darüber Abbruchkriterien zu definieren, welche die benötigte Messzeit deutlich reduzieren können.

Dieser Ansatz wird im Folgenden an einem Datensatz aus einem Paradigma der kognitiven Psychologie mit gut belegten Befunden getestet. Ziel ist dabei, die Effektgröße bei Minimierung der Testzeit zu erhöhen.

## 2. Methode

### 2.1 Grundlegendes experimentelles Design

Wird ein zu erkennender visueller Zielreiz an einem Ort präsentiert, an welchem zuvor ein irrelevantes Signal (Cue) gezeigt wurde, so sind die Reaktionen verlangsamt im Vergleich zu Reizen, welchen dieses Signal nicht voranging. Dieses Phänomen wird als bedeutsamer Grundmechanismus visueller Informationsorganisation und somit der Wahrnehmung gesehen, da er die Grundlage der Unterdrückung nicht relevanter Information darstellt. Er ist auch für die Anwendung interessant, da der Zeitpunkt, zu dem dieses Phänomen (IOR) auftritt (definiert als das minimale Intervall von Cue und Zielreiz, an dem der Effekt reliabel gemessen werden kann), eine mögliche Messvariable für die Effizienz von Wahrnehmung und Aufmerksamkeit darstellt (Klein 2000), die sich durch äußere Einflussfaktoren, Aufgabenkomplexität (Lupiáñez et al. 2001) oder auch mit dem Alter verändert (Castel et al. 2003).

Der zeitliche Abstand zwischen den beiden Reizen wurde in 8 Stufen logarithmisch von 50 bis 1240 ms variiert. Jeder Proband absolvierte 40 Blöcke mit jeweils 40 Durchgängen (insgesamt 1600 Durchgänge; Versuchszeit ca. 90 Min), in welchen immer alle SOAs und die Kombination aller Reizorte präsentiert wurden.

Von 24 Probanden zwischen 19 und 30 Jahren wurden Daten erhoben.

### 2.2 Datenauswertung

Als Referenz für die Wirksamkeit der angewandten Methoden wurde eine Standardauswertung durchgeführt, bei welcher der gesamte Datensatz analysiert wurde, so wie es in experimentellen Anwendungen die Regel ist. Dabei wurde ein Allgemeines Lineares Modell (ALM) für wiederholte Messungen mit dem Faktor SOA (1-8) durchgeführt.

Ein häufig verwendetes Maß in der Testpsychologie ist die innere Konsistenz eines Datensatzes (Cronbachs alpha, Cronbach 1951). In der vorliegenden adaptiven Analyse wurde zunächst für jede Versuchsperson iterativ Cronbachs Alpha blockweise berechnet. Alpha wurde für die Blöcke 1-4 berechnet, dann für die Blöcke 1-5 usw. In der weiteren Evaluation wurden die eingehend berechneten Ergebnisse der Gesamt-ANOVA mit folgenden adaptiven Anpassungen verglichen:

- Entfernen der jeweils vierten Blöcke (d. h. der ersten Versuchsblöcke nach der anfänglichen Übungsphase) von VPn, bei denen Alpha eine unreliable Skala indizierte (Alpha=negativ oder  $<.1$ ).
- Entfernen unreliabler vierter Blöcke und eines zweiten unreliablen Blockes je VP.

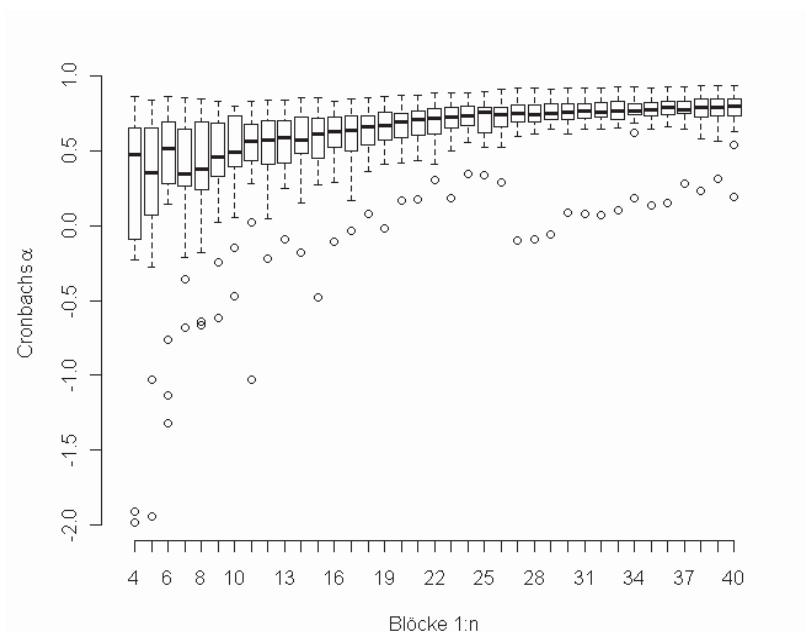
- Entfernen einer VP welche insgesamt ein niedriges Alpha aufwies.

Die F-Werte der ANOVA wurden Greenhouse-Geisser korrigiert, da die Freiheitsgrade eine Verletzung der Sphärizität möglich erscheinen lassen. Berichtet werden der korrigierte F-Wert und die unkorrigierten Freiheitsgrade. Außerdem die Effektgrößen (partiell  $\eta^2$ ).

### 3. Ergebnisse

Wurde die Standardauswertung durchgeführt, ergab die ANOVA einen signifikanten SOA-Effekt mit  $F(7,161)=48.34$ ,  $p<.001$  und einer Effektgröße von  $\eta^2=.678$ . Durch die erste Vorverarbeitung erhöhte sich der F-Wert auf 56.33 ( $\eta^2=.71$ ). Wurde bei den in Schritt 1 ausgewählten VPn ein weiterer unreliabler Block entfernt, vergrößerte sich der F-Wert weiter auf 57.11 und der Effekt auf  $\eta^2=.713$ . Wurde eine VP entfernt, bei welcher die Messung insgesamt als unreliabel gelten musste (mittleres Alpha bei  $-.01$ ) vergrößerte sich der F-Wert auf 59.2 und die Effektgröße auf  $\eta^2=.73$ .

Insgesamt zeigte sich, dass im durchgeführten Paradigma die Reliabilität der Messung nach der Durchführung von 20 Blöcken nicht weiter verbessert werden konnte (siehe Abbildung 1).



**Abbildung 1:** Boxplots von Cronbachs alpha für alle Blöcke (über die Versuchspersonen) 1-4, 1-5 usw. Man beachte die Ausreißer. Das Entfernen der entsprechenden Blöcke und/oder Versuchspersonen führt zu einer deutlichen Erhöhung des Effektes

### 4. Diskussion

Die Teststärke eines experimentellen Verfahrens ist entscheidend wenn es darum geht, die Bedeutsamkeit von Wirkfaktoren (experimentellen Manipulationen) sicher einzuschätzen. Besonders bei angewandter Testung besteht die Gefahr, dass aufgrund notwendiger Messökonomie und nicht ausreichend kontrollierbarer Störfaktoren bedeutsame Effekte nicht entdeckt werden (Fehler zweiter Ordnung). Diese Gefahr zu minimieren war das Ziel der vorliegenden Analyse.

Ein sehr umfangreicher Datensatz wurde mit Methoden der klassischen Testtheorie analysiert. Das Ziel war es, sowohl die Testgüte als auch die Messökonomie zu optimieren. Als Maß wurde Cronbachs alpha als Kriterium für die interne Konsistenz eines Datensatzes gewählt. Dies wurde iterativ über den Verlauf einer langen Messung angewandt und als Kriterium für den Ausschluss unreliabler Versuchsblöcke herangezogen.

Die Ergebnisse zeigen, dass mit diesem relativ einfachen Ansatz zuverlässig Versuchsdurchgänge und Versuchspersonen relativ früh, bereits während der Versuchsdurchführung, hinsichtlich ihrer Datenqualität bewertet werden können. Damit lassen sich folgende Ziele erreichen:

- Wie hier demonstriert, lässt sich die Qualität eines bereits erhobenen Datensatzes mit objektiven Kriterien verbessern, und
- es lässt sich die optimale Anzahl an Versuchsdurchgängen anhand der erhobenen Parameter schätzen. Diese Information ließe sich einerseits nutzen, die Anzahl der benötigten Versuchsdurchgänge a priori anzupassen, um so kürzere Messzeiten zu erzielen. Viel interessanter erscheint uns jedoch die Möglichkeit der kontinuierlichen Erhebung dieser Parameter bereits während der Testdurchführung. Auf diesem Weg ließen sich für jede Versuchsperson optimal ökonomische Messzeiten erreichen, ohne Gefahr, durch die Verkürzung der individuellen Messung an Datenqualität zu verlieren.

## 5. Literatur

1. Castel, A. D., Chasteen, A. L., Scialfa, C. T. & Pratt, J. 2003, Adult Age Differences in the Time Course of Inhibition of Return, *Journal of Gerontology: Psychological Sciences*, 58B, 256-259.
2. Cronbach, L.-J. 1951, Coefficient alpha and the internal structure of tests, *Psychometrika*, 12, 1-16.
3. Klein, R.M. 2000, Inhibition of return, *Trends in Cognitive Sciences*, 4, 138-146.
4. Lupiáñez, J., Milliken, B., Solano, C., Weaver, B. & Tipper, S.P. 2001, On the strategic modulation of the time course of facilitation and inhibition of return, *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 54A, 753-773.

## Psychophysiologische Effekte emotionaler Dissonanz unter Berücksichtigung von Trait Anger

Myriam N. BECHTOLDT, Sonja ROHRMANN und Dieter ZAPF

*J.W. Goethe-Universität Frankfurt, Institut für Psychologie,  
Kettenhofweg 128, D-60325 Frankfurt*

**Kurzfassung:** Dienstleister sind im Kundenkontakt häufig mit der Anforderung konfrontiert, negative Emotionen unterdrücken und positive Emotionen zeigen zu müssen. Diese Studie untersucht, welche psychophysiologischen Stress-Reaktionen diese Anforderung auslöst und wie sie die Leistung beeinflusst. Zu diesem Zweck wurde ein experimentelles Call-Center-Szenario entwickelt: Die Untersuchungsteilnehmerinnen (N = 82) wurden instruiert, die Rolle einer Call-Center-Beschäftigten einzunehmen und mit einer unzufriedenen Kundin zu telefonieren. Dabei wurden zwei experimentelle Bedingungen unterschieden: Entweder sollten die Teilnehmerinnen authentisch auf die Kundin reagieren, oder sie wurden angehalten, konsistent freundlich zu bleiben. Die Ergebnisse zeigen, dass sowohl diastolischer Blutdruck als auch Herzrate in der „freundlichen“ Bedingung signifikant stärker anstiegen. Gleichzeitig wirkte sich die Anforderung negativ auf die Sprechflüssigkeit der Teilnehmerinnen aus. Diese Effekte wurden durch Trait Anger moderiert, d.h. sie waren um so größer, je höher die dispositionelle Neigung der Teilnehmerinnen war, ärgerlich zu werden. Diese Ergebnisse geben Hinweise für die Personalauswahl im Dienstleistungsbereich.

**Schlüsselwörter:** Emotionsarbeit, Call Center, Stress, Trait Anger.

### 1. Einleitung

Dienstleister sind Emotionsarbeiter: Während der Umgang mit den eigenen Emotionen üblicherweise zur Privatsphäre gehört, müssen Dienstleister im Kundenkontakt ihre Emotionen professionell regulieren. Überwiegend sehen sie sich dabei mit der Anforderung konfrontiert, positive Emotionen zeigen und negative Emotionen, wie z.B. Ärger, unterdrücken zu müssen. Die emotionalen Regulationsprozesse, die dafür nötig sind, werden als Emotionsarbeit bezeichnet (Grandey 2000; Hochschild 1983). Zu diesem Zweck können Dienstleister Deep Acting oder Surface Acting betreiben. Bei Deep Acting bemühen sich die Personen um Authentizität: Indem sie sich z.B. in die Position des Kunden versetzen und seine Perspektive übernehmen, versuchen sie, Verständnis zu entwickeln, um authentisch freundlich reagieren zu können. Surface Acting hingegen beinhaltet, dass eigene negative Emotionen unterdrückt und nach außen positive Emotionen simuliert werden: Konkret kann dies bedeuten, in der Interaktion mit einem verärgerten Kunden den eigenen Ärger hinter einem lächelnden Gesichtsausdruck zu verbergen. Diesen Zustand emotionaler Dissonanz empfinden Personen allgemein als aversiv. Felduntersuchungen haben gezeigt, dass emotionale Dissonanz mit einer Reihe von Stress-Symptomen korreliert, wie z.B. Arbeitsunzufriedenheit und Burnout (z.B. Brotheridge & Grandey 2002; Diefendorff & Richard 2003; Schaubroeck & Jones 2000; Zapf & Holz 2006). Da es sich

jedoch mehrheitlich um Querschnittsuntersuchungen handelt, ist unklar, welche kausalen Auswirkungen Emotionsarbeit auf das Wohlbefinden und die Leistungsfähigkeit von Dienstleistern hat. Diese Kausaleffekte zu analysieren war Ziel der vorliegenden Untersuchung. Annahme war, dass emotionale Dissonanz zu einer sympathischen Aktivierung des kardiovaskulären Systems führen (Hypothese 1) und die Leistung negativ beeinflussen würde, indem sie die Sprechflüssigkeit der Dienstleister verringert (Hypothese 2). Aus Kundenperspektive sollten jedoch Dienstleister, die ihre negativen Emotionen regulieren, als kompetenter wahrgenommen werden als Dienstleister, die sich authentisch verhalten und ihre negativen Emotionen offen zeigen (Hypothese 3). Vor dem Hintergrund der Forschung zu Person-Job-Fit ist anzunehmen, dass Emotionsarbeit nicht für alle Dienstleister gleichermaßen belastend ist, sondern dass Persönlichkeitsmerkmale der Dienstleister Einfluss darauf nehmen, wie sie diese Anforderungen bewältigen. Über Persönlichkeitsmerkmale als Moderatorvariablen von Emotionsarbeit liegen bisher jedoch nur vereinzelte Befunde vor. Eine in diesem Zusammenhang besonders relevant erscheinende Disposition ist Trait Anger: Personen mit hoher Ausprägung in diesem Merkmal reagieren schneller und häufiger verärgert und feindselig. Aus diesem Grund sollte für sie die Anforderung, freundlich bleiben zu müssen, in Interaktionen mit unzufriedenen Kunden besonders aversiv sein. Demzufolge sollten physiologische Stress-Reaktionen bei ihnen stärker ausgeprägt sein (Hypothese 4), ihre Leistung sollte stärker beeinträchtigt werden (Hypothese 5) und sie sollten von Kunden als weniger kompetent wahrgenommen werden (Hypothese 6). Diese Hypothesen wurden experimentell mit Hilfe eines Call-Center-Szenarios untersucht.

## **2. Methode**

### *2.1. Stichprobe*

Die Stichprobe bestand aus 82 Studentinnen zwischen 18 und 41 Jahren ( $M=25.95$ ,  $SD=7.34$ ). Für ihre Teilnahme erhielten sie eine Aufwandsentschädigung von 10 €. Da die Belegschaft eines Call Centers typischerweise aus Frauen besteht (Dieckhoff et al. 2001), wurden ausschließlich Frauen rekrutiert.

### *2.2 Prozedur*

Die Teilnehmerinnen erhielten die Anweisung, die Rolle einer Call Center-Beschäftigten bei der Deutschen Bahn einzunehmen und fünf Minuten lang mit einer unzufriedenen Kundin zu telefonieren. Die Teilnehmerinnen wurden randomisiert entweder der Bedingung zugewiesen, sich im Gespräch authentisch zu verhalten oder aber konsistent freundlich zu reagieren. Die Kundin, von der sie kurz darauf angerufen wurden, war eine Konföderierte, die sich über den Service der Deutschen Bahn beschwerte. Der Inhalt der vorzubringenden Beschwerden war standardisiert. Nach fünf Minuten wurde das Gespräch von der Konföderierten abrupt beendet. Die Interaktion zwischen Teilnehmerin und Konföderierter wurde per Video aufgezeichnet.

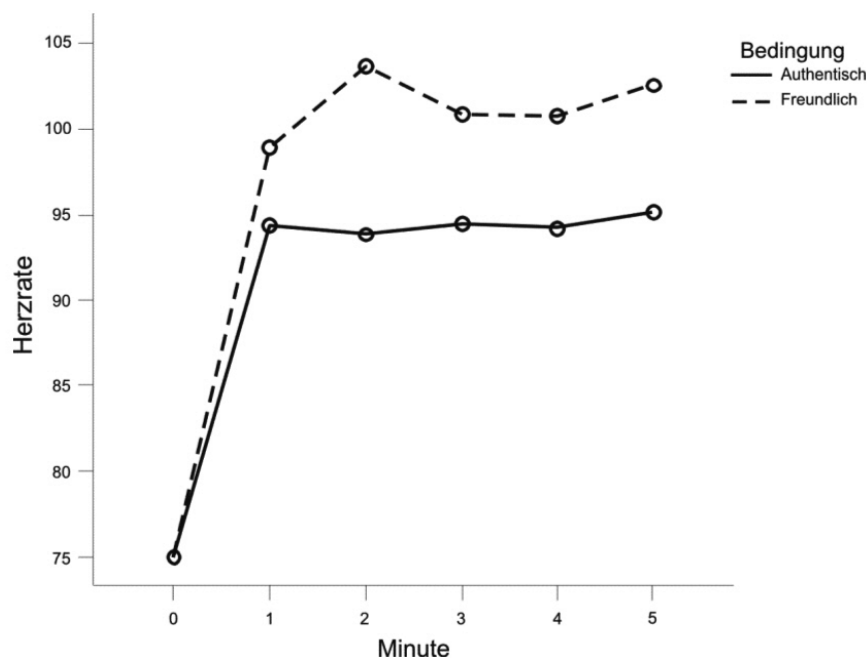


### 2.3 Messinstrumente

Trait Anger wurde mit der deutschen Version des State Trait Anger Expression Inventory (STAXI, Schwenkmezger et al. 1992) gemessen. Als physiologische Stress-Indikatoren wurden Blutdruck und Herzrate gemessen. Die Sprechflüssigkeit der Teilnehmerinnen wurde per Videorating durch zwei Beobachterinnen beurteilt ( $\rho = .96$ ). Die beiden Beobachterinnen bewerteten ebenfalls die professionelle Kompetenz der Teilnehmerinnen während des Gesprächs. Hierzu gaben sie ein globales Ratingurteil auf einer fünfstufigen Skala ab ( $\rho = .96$ ).

### 3. Ergebnisse

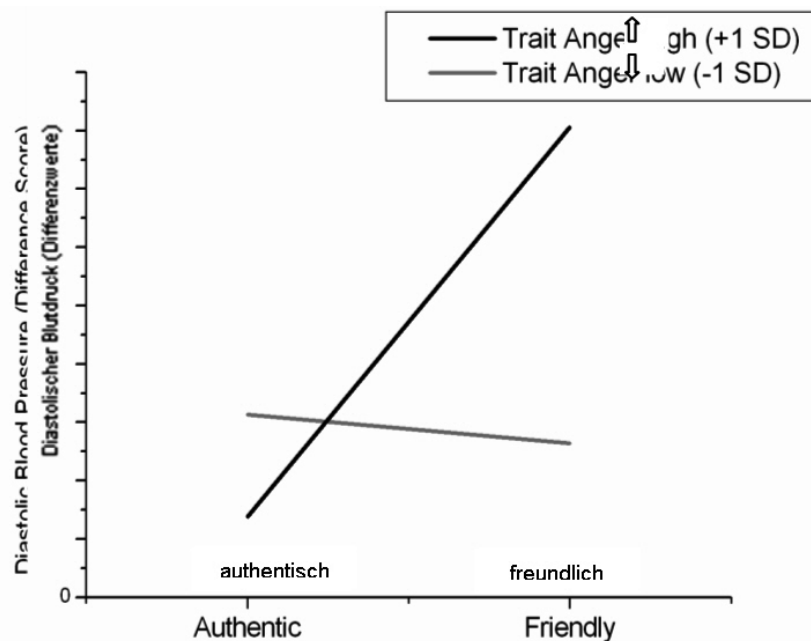
Wie erwartet wiesen die Teilnehmerinnen in der Bedingung „freundlich“ höhere Herzraten auf als die Teilnehmerinnen in der Bedingung „authentisch“ ( $df=1,80$ ,  $F=4.12$ ,  $p<0.05$ ,  $\eta^2=0.05$ ). Wie aus Abbildung 1 ersichtlich, blieb dieser Befund während des gesamten Gesprächs konstant ( $df=1,72$ ,  $F=3.91$ ,  $p<0.05$ ,  $\eta^2=0.05$ ). Zusätzlich wiesen die Teilnehmerinnen in der Bedingung einen höheren diastolischen Blutdruck auf ( $df=1,80$ ,  $F=8.40$ ,  $p<0.01$ ,  $\eta^2=0.10$ ). Für den systolischen Blutdruck ergaben sich keine Effekte ( $df=1,80$ ,  $F=0.46$ ,  $p=0.50$ ,  $\eta^2<0.01$ ). Hypothese 1 wurde somit teilweise bestätigt.



**Abbildung 1:** Anstieg und Höhe der Herzrate während des fünfminütigen Telefongesprächs in den Bedingungen „authentisch“ und „freundlich“

Im Hinblick auf ihre Leistung fielen die Teilnehmerinnen in der Bedingung „freundlich“ durch geringere Sprechflüssigkeit auf ( $df=1,80$ ,  $F= 6.63$ ,  $p<0.01$ ,  $\eta^2=0.08$ ). Hypothese 2 wurde somit angenommen. Entgegen der Erwartung erschienen die Teilnehmerinnen beider Gruppen gleich kompetent ( $df=1,80$ ,  $F=0.03$ ,  $p=0.85$ ,  $\eta^2<0.01$ ). Hypothese 3 wurde deshalb zurückgewiesen. Die Analyse der Moderator-effekte von Trait Anger ergab, dass Teilnehmerinnen mit hohen Trait Anger-Werten in der Bedingung „freundlich“ einen erhöhten diastolischen Blutdruck aufwiesen

( $df=1,78$ ,  $F=8.69$ ,  $p<0.01$ ,  $\Delta R^2=0.09$ ,  $f^2=0.10$ ). Wie Abbildung 2 zu entnehmen, war der diastolische Blutdruck allein in der Bedingung „freundlich“ erhöht ( $b=18.28$ ,  $df=78$ ,  $t=3.26$ ,  $p<0.01$ ), aber nicht in der Bedingung „authentisch“ ( $b=3.62$ ,  $df=78$ ,  $t=1.46$ ,  $p=0.15$ ). Es fanden sich keine Interaktionseffekte für den systolischen Blutdruck und die Herzrate. Hypothese 4 wurde somit teilweise bestätigt. Auch im Hinblick auf Sprechflüssigkeit ergaben sich keine signifikanten Moderatoreffekte. Jedoch moderierte Trait Anger den Einfluss der experimentellen Bedingung auf die Beobachterurteile zu Kompetenz im Gespräch ( $df=1,78$ ,  $F=5.21$ ,  $p<0.05$ ,  $\Delta R^2=0.06$ ,  $f^2=0.06$ ): Personen mit hohen Trait Anger-Werten wurden in der Bedingung „freundlich“ als weniger kompetent wahrgenommen; umgekehrt wurden Teilnehmerinnen mit niedrigen Trait Anger Werten in der Bedingung „authentisch“ als weniger kompetent eingeschätzt. Hypothese 6 wurde somit bestätigt.



**Abbildung 2:** Interaktion von Trait Anger und experimenteller Bedingung auf diastolischen Blutdruck

#### 4. Literatur

1. Brotheridge, C.M. & Grandey, A.A. 2002, Emotional labor and burnout: Comparing two perspectives of 'people work', *Journal of Vocational Behavior*, 60, 17-39.
2. Dieckhoff, K., Freigang-Bauer, I., Schröter, W. & Viereck, K. 2002, CCall Report 1. Branchenbild Call Center, (Job-sector overview call center). Hamburg: Verwaltungs-Berufsgenossenschaft.
3. Diefendorff, J.M. & Richard, E.M. 2003, Antecedents and consequences of emotional display rule perceptions, *Journal of Applied Psychology*, 88, 284-294.
4. Grandey, A.A. 2000, Emotion regulation in the workplace: A new way to conceptualize emotional labor, *Journal of Occupational Health Psychology*, 5, 59-100.
5. Hochschild, A.R. 1983, *The managed heart: Commercialization of human feelings*. Berkeley, CA: University Press.
6. Schaubroeck, J. & Jones, J.R. 2000, Antecedents of workplace emotional labor dimensions and moderators of their effects on physical symptoms, *Journal of Organizational Behavior*, 21, 163-183.
7. Schwenkmezger, P., Hodapp, V. & Spielberger, C.D. 1992, *Das State-Trait-Ärgerausdrucks-Inventar STAXI: Handbuch*, 1. Auflage. Göttingen: Huber.
8. Zapf, D. & Holz, M. 2006, The positive and negative effects of emotion work in organizations, *European Journal of Work and Organizational Psychology*, 15, 1-28.

## Kontrollspielräume als protektive Ressource bei Emotionsarbeit

Stefan DIESTEL und Klaus-Helmut SCHMIDT

*Leibniz-Institut für Arbeitsforschung an der TU Dortmund,  
Ardeystraße 67, D-44139 Dortmund*

**Kurzfassung:** Die vorliegende Untersuchung prüft Interaktionseffekte zwischen emotionaler Dissonanz und zwei Facetten von wahrgenommenen Kontrollspielräumen (Kontrolle über den zeitlichen Ablauf sowie über Arbeitsmethoden) auf Burnout. Der theoretischen Vorstellung von Kontrollspielräumen als protektive Ressource folgend wurde angenommen, dass beide Facetten der Kontrollspielräume den positiven Effekt von emotionaler Dissonanz auf Burnout abmindern. Basierend auf einer Stichprobe von 326 Versicherungsangestellten zeigten moderierte Strukturgleichungsanalysen, dass beide Facetten der Kontrollspielräume den positiven Zusammenhang zwischen emotionaler Dissonanz und beiden Kerndimensionen des Burnout (emotionale Erschöpfung und Depersonalisation) in erwarteter Richtung statistisch moderieren: Mit zunehmenden Kontrollspielräumen nimmt der adverse Effekt von emotionaler Dissonanz auf Burnout ab.

**Schlüsselwörter:** Burnout, emotionale Dissonanz, Kontrollspielräume, Latente Moderatoranalysen.

### 1. Einleitung

Nicht zuletzt durch den in den westlichen Industrienationen dominierenden Dienstleistungssektor ist ein breites Spektrum an beruflichen Feldern in Deutschland zunehmend durch verstärkte Emotionsarbeit charakterisiert. Emotionsarbeit beschreibt die zielbezogene Steuerung der eigenen Emotionen mit der Absicht, durch Veränderung von Gestik und Mimik sowie durch gezielten Sprachgebrauch einen spezifischen emotionalen Eindruck beim Interaktionspartner zu erzeugen (Hochschild 1983). Die inzwischen mehr als zwanzig Jahre umfassende Forschung zur Emotionsarbeit hat bereits mehrfach den empirischen Nachweis erbracht, dass geforderte Emotionsarbeit zu einer Zunahme des psychischen Beanspruchungserlebens, wie beispielsweise Burnout führen kann (Zapf & Holz 2006). Ein zentrales Ergebnis der Analyse dieser Wirkbeziehung ist, dass Emotionsarbeit insbesondere dann beanspruchungswirksam wird, wenn im sozialen Interaktionsprozess Emotionen gezeigt werden müssen, die nicht im Einklang mit den tatsächlich empfundenen Emotionen stehen. Die erlebte Diskrepanz zwischen tatsächlich empfundenen und von der Arbeitsrolle geforderten Emotionen wird als emotionale Dissonanz bezeichnet (Abraham 1998). Angesichts des engen Zusammenhangs zwischen emotionaler Dissonanz und Burnout stellt sich die Frage nach protektiven Ressourcen bei der Arbeit, die den adversen Beanspruchungseffekt von Emotionsarbeit mindern. Möglicherweise kann das in der Arbeitspsychologie breit diskutierte „Demands-Control“-Modell von Karasek (1979, 1998) eine Antwort liefern. Diesem Modell zufolge kann die Beanspruchungswirkung von hohen Arbeitsbelastungen durch ein hohes Ausmaß an erlebter Kontrolle über die Tätigkeitsausführung (Kontrollspielräume) abgemildert

werden. Im Falle großer Kontrollspielräume können Personen die Aufgabenbearbeitung an ihre individuellen Fähigkeiten und Ressourcen anpassen (Neubach & Schmidt 2006). In Bezug auf Emotionsarbeit wäre es bspw. denkbar, dass ein unangenehmes Kundengespräch oder andere soziale Interaktionsprozesse, deren erfolgreiche Bewältigung das Erleben von emotionaler Dissonanz wahrscheinlich macht, erst dann in Angriff genommen werden, wenn günstige personelle oder situative Voraussetzungen hergestellt sind. Wenn hingegen diese Kontrollspielräume gering ausgeprägt sind, so dürften Personen, die geforderter Emotionsarbeit ausgesetzt sind, weniger auf belastende soziale Interaktionsprozesse vorbereitet sein. Gemäß dieser theoretischen Argumentation sollten große Kontrollspielräume die adversen Effekte von emotionaler Dissonanz auf Burnout abmildern, d.h. den positiven Zusammenhang zwischen emotionaler Dissonanz und Burnout moderieren. Die Forschung zur Emotionsarbeit hat der potentiellen Pufferfunktion von Kontrollspielräumen bislang kaum Beachtung geschenkt.

## 2. Methode

Untersuchungsteilnehmer waren Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter eines deutschlandweit agierenden Versicherungsunternehmens (N=326). Alle Untersuchungsvariablen wurden mittels Fragebogen operationalisiert. Die Befragung fand in Gruppen „vor Ort“ während der regulären Arbeitszeit statt. Das Durchschnittsalter betrug 41.36 Jahre (SD=10.23) und der Frauenanteil lag bei 76.7%. Die Erfassung der emotionalen Dissonanz erfolgte mit einer Skala (4 Items;  $\alpha=.92$ ) der Frankfurter Skalen zur Emotionsarbeit (Zapf et al. 1999). Zur Messung der Kontrollspielräume kam die deutsche Fassung der Skalen „timing control“ und „method control“ von Jackson et al. (1993) zum Einsatz. Die erste Skala (4 Items;  $\alpha=.81$ ) erfasst die Möglichkeiten, den zeitlichen Ablauf der Arbeit beeinflussen zu können. Die zweite Skala (5 Items;  $\alpha=.72$ ) erfragt die Einflussspielräume bezüglich der Art und Weise, in der eine Arbeitsaufgabe ausgeführt werden kann. Kriteriumsmaße der Arbeitsbeanspruchung waren die beiden Burnout-Dimensionen Emotionale Erschöpfung (9 Items;  $\alpha=.89$ ) und Depersonalisation (4 Items;  $\alpha=.69$ ) (Büssing & Perrar 1992). Zur Kontrolle potentiell konfundierender Einflüsse wurden Alter, Geschlecht (1=weiblich; 2=männlich) sowie das Beschäftigungsverhältnis (1=teilzeit; 2=vollzeit) der Untersuchungsteilnehmer mit in die Analysen einbezogen.

## 3. Ergebnisse

Die statistische Analyse der Interaktionseffekte zwischen emotionaler Dissonanz sowie beiden Facetten wahrgenommener Handlungsspielräume auf beide Burnout-Dimensionen erfolgte unter Einsatz nicht-linearer Strukturgleichungsmodelle (Latent Moderated Structural Equation Modeling; LMS, Klein & Moosbrugger 2000), deren Parameter mit Hilfe von Mplus (Muthén & Muthén 2007) spezifiziert und geschätzt wurden. Tabelle 1 zeigt die Ergebnisse der Vorhersage der beiden Burnout-Dimensionen durch die biographischen Daten, der emotionalen Dissonanz sowie durch die beiden Facetten der Kontrollspielräume und schließlich durch die Interaktion der beiden Prädiktoren.

Wie Tabelle 1 erkennen lässt erreichten die Wechselwirkungen ( $\omega$ ) zwischen emotionaler Dissonanz und den beiden Facetten der Kontrollspielräume in der Vorhersa-

ge der beiden Burnout-Dimensionen statistische Bedeutsamkeit.

**Tabelle 1:** LMS-Schätzungen der Haupt- und Interaktionseffekte von emotionaler Dissonanz und beiden Facetten der wahrgenommen Kontrollspielräume auf emotionale Erschöpfung und Depersonalisation (\*  $p < .05$ ; \*\*  $p < .01$ )

		Emotionale Erschöpfung	Depersonalisation
$\gamma$ :	Alter	.01**	-.01
$\gamma$ :	Geschlecht	-.09	.07
$\gamma$ :	Beschäftigungsverhältnis	-.05	.02
$\gamma$ :	Emotionale Dissonanz	.36**	.55**
$\gamma$ :	Kontrolle über zeitlichen Ablauf	-.36**	-.16
$\omega$ :	Interaktion	-.30**	-.30**
$\Delta R^2$		.05	.04
$\Delta-2LL$ (df <sub>diff</sub> )		2765.21** (2)	
$\gamma$ :	Alter	.01**	-.01
$\gamma$ :	Geschlecht	-.13	.04
$\gamma$ :	Beschäftigungsverhältnis	-.07	.00
$\gamma$ :	Emotionale Dissonanz	.32**	.52**
$\gamma$ :	Kontrolle über Arbeitsmethoden	-.69**	-.40**
$\omega$ :	Interaktion	-.45**	-.45**
$\Delta R^2$		.06	.10
$\Delta-2LL$ (df <sub>diff</sub> )		2477.74** (2)	

Die auf die signifikanten Wechselwirkungen zurückzuführenden inkrementellen Varianzaufklärungen ( $\Delta R^2$ ) in den Kriteriumsmaßen variieren zwischen 4 und 10 Prozent. Die Signifikanz der Log-Likelihood-Differenzwerte ( $\Delta-2LL$ ) gibt an, inwiefern die Berücksichtigung von latenten Interaktionstermen zu einer Verbesserung der Modelanpassung im Vergleich zu einem rein linearen Modell (ohne Wechselwirkung) führt. In allen Fällen weisen die Log-Likelihood-Differenzwerte auf einen Interaktionseffekt in der zu Grunde liegenden Population hin. Abbildung 1 zeigt beispielhaft die Wechselwirkungen von emotionaler Dissonanz und beiden Facetten der Kontrollspielräume in der Vorhersage der emotionalen Erschöpfung und Depersonalisation.

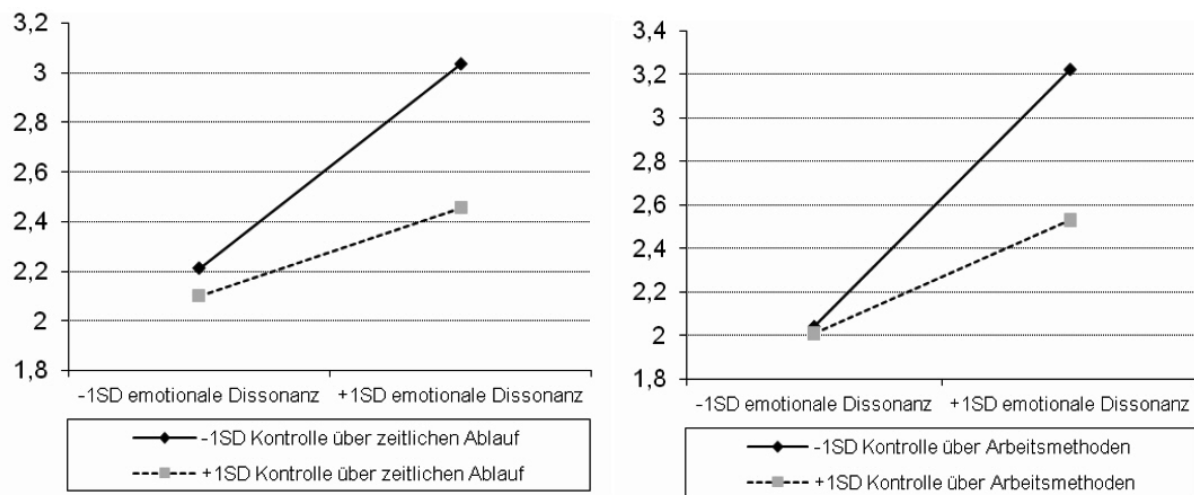
Wie die Abbildung erkennen lässt, fällt die statistische Beziehung zwischen emotionaler Dissonanz und Burnout erheblich niedriger aus, wenn im Vergleich zu niedrig ausgeprägten Kontrollspielräumen (- 1SD) eine hohe Kontrolle über den zeitlichen Ablauf sowie über die Arbeitsmethoden wahrgenommen wird (+ 1SD).

#### 4. Diskussion

Die Befunde der vorliegenden Untersuchung stimmen mit der theoretischen Vorstellung überein, dass wahrgenommene Kontrollspielräume als protektive Ressource die adversen Effekten von emotionaler Dissonanz auf Burnout abmildern. Demzufolge kann die Erweiterung von Kontrollspielräumen in Bezug auf die zeitliche Einteilung der Aufgabenbearbeitung sowie auf die Wahl der Arbeitsmethoden eine wirkungsvolle arbeitsgestalterische Möglichkeit der Beanspruchungsprävention in solchen Berufen darstellen, die verstärkt durch geforderte Emotionsarbeit gekennzeichnet



net sind. Die durch die Interaktionseffekte bedingten inkrementellen Varianzaufklärungen sind angesichts der in Felduntersuchungen üblicherweise identifizierten Effektstärken von einem bis drei Prozent Varianzaufklärung (McClelland & Judd 1993) als ungewöhnlich hoch einzustufen. Die hohen Effektstärken untermauern die praktische Relevanz der in dieser Untersuchung analysierten Pufferfunktion von Kontrollspielräumen und legen die Vermutung nahe, dass im Falle hoher emotionaler Dissonanz Leistungsfähigkeit und psychische Gesundheit von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern durch große Kontrollspielräume aufrechterhalten werden können.



**Abbildung 1:** Wechselwirkung zwischen emotionaler Dissonanz und Handlungsspielräume auf emotionale Erschöpfung (links) und Depersonalisation (rechts)

## 5. Literatur

1. Abraham, R. 1998, Emotional dissonance in organizations: Antecedents, consequences and moderators, Genetic, Social, and General Psychology Monographs, 124, 229–246.
2. Büssing, A. & Perrar, K.M. 1992, Die Messung von Burnout. Untersuchung einer Deutschen Fassung des Maslach Burnout Inventory (MBI-D), Diagnostica, 38, 328–353.
3. Klein, A. & Moosbrugger, H. 2000, Maximum likelihood estimation of latent interaction effects with the LMS method, Psychometrika, 65, 457–474.
4. Hochschild, A.R. 1983, The managed heart. Berkeley, CA: University of California Press.
5. Jackson, P.R., Wall, T.D., Martin, R. & Davids, K. 1993, New measures of job control, cognitive demand, and production responsibility, Journal of Applied Psychology, 78, 753–762.
6. Karasek, R.A. 1979, Job demands, job decision latitude, and mental strain: Implications for job redesign, Administrative Science Quarterly, 24, 285–309.
7. Karasek, R.A. 1998, Demand/control model: A social, emotional, and psychological approach to stress risk and active behaviour development. In: Encyclopaedia of Occupational Health and Safety, 4th edition. Geneva: International Labor Office, S. 34.6–34.14.
8. McClelland, G.H. & Judd, C.M. 1993, Statistical difficulties of detecting interactions and moderator effects, Psychological Bulletin, 114, 376–390.
9. Muthén, L.K. & Muthén, B.O. 2007, Mplus User's Guide, 5. edition. Los Angeles: Muthén & Muthén.
10. Neubach, B. & Schmidt, K.-H. 2006, Beanspruchungswirkungen von Selbstkontrollanforderungen und Kontrollmöglichkeiten bei der Arbeit, Zeitschrift für Psychologie, 214, 150–160.
11. Zapf, D. & Holz, M. 2006, On the positive and negative effects of emotion work in organizations, European Journal of Work and Organizational Psychology, 15, 1–28.
12. Zapf, D., Vogt, C., Seifert, C., Mertini, H. & Isic, A. 1999, Emotion work as a source of stress: The concept and development of an instrument, European Journal of Work and Organizational Psychology, 8, 371–400.



# Kundenbezogene soziale Stressoren und ihre Konsequenzen für die betroffenen Dienstleister

Sarah DUDENHÖFFER und Christian DORMANN

*Abteilung Arbeits-, Organisations- und Wirtschaftspsychologie,  
Johannes Gutenberg-Universität Mainz,  
Wallstraße 3, D-55099 Mainz*

**Kurzfassung:** Kundenerwartungen und -verhaltensweisen, die bei den betroffenen Dienstleistern zu Belastungen und Stress führen, werden als kundenbezogene soziale Stressoren bezeichnet (KSS; Dormann & Zapf 2004). Ziel des Beitrags ist es, das Konzept der KSS vorzustellen. Zum einen wird aufgezeigt, welche Gruppen von Verhaltensweisen sich über eine Vielzahl verschiedener Dienstleistungsberufe immer wieder zeigen. Zum anderen werden Befunde zu unmittelbaren und längerfristigen Konsequenzen von KSS für das Wohlbefinden der betroffenen Dienstleister vorgestellt. Zusammenfassend zeigt sich hierbei, dass KSS sowohl das aktuelle affektive Erleben der Dienstleister negativ beeinflussen als auch längerfristige Stressfolgen wie Burnout oder psychosomatische Beschwerden zur Folge haben. Abschließend werden wir aufzeigen, welche Gegenmaßnahmen wirkungsvoll sein könnten, um KSS bzw. die negativen Auswirkungen auf das Wohlbefinden der Dienstleister zu reduzieren.

**Schlüsselwörter:** Kundenbezogene soziale Stressoren, affektive Reaktionen, Burnout, psychosomatische Beschwerden.

## 1. Einleitung

Eine wichtige Entwicklung der Arbeitswelt der letzten Jahrzehnte ist, dass der Dienstleistungssektor immer bedeutsamer wurde, so dass heute die meisten MitarbeiterInnen im Dienstleistungsbereich tätig sind. Dienstleistungen zeichnen sich vor allem dadurch aus, dass sie in der Interaktion mit Kunden, Klienten oder Patienten ausgeführt werden. Zwar stellt der Kontakt mit Kunden normalerweise einen positiven Aspekt der Arbeit für Dienstleister dar, es kann jedoch auch zu Schwierigkeiten mit Kunden, zu kundenbezogenen sozialen Stressoren (KSS), kommen.

Ziel dieses Beitrags ist es, das Konzept der KSS vorzustellen. Zum einen wird aufgezeigt, welche Gruppen von negativen Verhaltensweisen von Kunden sich über eine Vielzahl verschiedener Dienstleistungsberufe immer wieder zeigen. Zum anderen werden empirische Befunde zu Konsequenzen der KSS für das Wohlbefinden der betroffenen Dienstleister vorgestellt. Hierbei werden sowohl Konsequenzen für die unmittelbare affektive Reaktion der betroffenen Dienstleister aufgezeigt als auch längerfristige Stressfolgen.

### 1.1 Kundenbezogene soziale Stressoren (KSS)

Kundenerwartungen und Kundenverhaltensweisen, die bei den betroffenen Dienstleistern zu Belastungen und Stress führen, werden als kundenbezogene soziale Stressoren (KSS) bezeichnet (Dormann & Zapf 2004). Dormann & Zapf (2004) un-

terscheiden dabei vier Gruppen von KSS: (1) Überzogene Kundenerwartungen (Beispiel: Ich habe mit Kunden zu tun, die immer eine besondere Behandlung wollen.), (2) widersprüchliche Anforderungen von Kunden (Beispiel: Ich habe mit Kunden zu tun, bei denen unklar ist, was sie von einem wollen.), (3) verbale Aggression von Kunden (Beispiel: Ich habe mit Kunden zu tun, die einen persönlich mit Worten angreifen.) und (4) unsympathische Kunden (Beispiel: Ich habe mit Kunden zu tun, die unfreundlich sind.). Diese vier KSS zeigen sich dabei über eine Vielzahl verschiedener sowohl typischer (z.B. Flugbegleiter oder Pflegeberufe) als auch weniger typischer (z.B. Lehrer, Polizisten) Dienstleistungsberufe immer wieder (Dormann & Dudenhöffer, submitted).

Die „Stressigkeit“ aller vier KSS kann dadurch erklärt werden, dass sie von Dienstleistern als ungerecht oder unfair empfunden werden. Kunden mit überzogenen Erwartungen fordern mehr vom Dienstleister, als sie zurückgeben, so dass das Gleichgewicht zwischen Geben und Nehmen zu Ungunsten des Dienstleisters ausfällt. Kunden mit widersprüchlichen Anforderungen sind für den Dienstleister nicht zufrieden zu stellen, so dass Dienstleister trotz eines großen Einsatzes kein befriedigendes Arbeitsergebnis und Dank für ihre Arbeit bekommen. Auch hier ist das Verhältnis zwischen Einsatz des Dienstleisters und dem, was der Kunde zurück gibt, nicht im Gleichgewicht. Verbale Aggressionen von Kunden verletzen die Erwartung nach gegenseitigem respektvollem Umgang. Da Dienstleister sich meist auch gegenüber aggressiven Kunden freundlich und respektvoll verhalten müssen, können verbale Aggressionen von Kunden die interaktionale Gerechtigkeit verletzen. In ähnlicher Weise führen unsympathische Kunden, die freundlich bedient werden müssen, zu einem Ungerechtigkeitsempfinden der Dienstleister.

## *1.2 Konsequenzen kundenbezogene soziale Stressoren (KSS)*

Bei der Betrachtung von Stress-Konsequenzen kann man zwischen unmittelbaren Stressreaktionen und längerfristigen Stressfolgen unterscheiden. Dabei werden unmittelbare Stressreaktionen als wichtige Mediatoren bei der Entwicklung längerfristiger Stressfolgen betrachtet.

Befunde zu unmittelbaren Reaktionen der KSS liegen bisher nicht vor. Studien zu Reaktionen auf Ungerechtigkeit oder Unfairness zeigen jedoch, dass affektive Reaktionen eine oft anzutreffende Folge sind. Da Ungerechtigkeit als erklärender Mechanismus für die „Stressigkeit“ der KSS herangezogen wird, haben wir die folgenden zwei Hypothesen bezüglich der unmittelbaren Reaktionen.

- Hypothese 1: Kundenbezogene soziale Stressoren steigern unmittelbar den negativen Affekt.
- Hypothese 2: Kundenbezogene soziale Stressoren reduzieren unmittelbar den positiven Affekt.

Bezüglich der längerfristigen Folgen von KSS ist Burnout als ein Konzept, das häufig im Zusammenhang mit Belastungen bei der Arbeit mit Menschen untersucht wird, ein bedeutsamer Outcome. So definieren Maslach & Jackson (1981) Burnout als „a syndrome of emotional exhaustion, depersonalization, and reduced personal accomplishment that can occur among individuals who do ‘people work’ of some kind“ (S. 99). Eine längerfristige Stressfolge, die sich, anders als Burnout, in physischen Symptomen äußert, sind psychosomatische Beschwerden. Die bisherige Forschung konnte zeigen, dass KSS wichtige Prädiktoren von Burnout bei Dienstleistern darstellen. Auch bezüglich psychosomatischer Beschwerden liegen bereits bestätigende Befunde vor. Allerdings handelt es sich bei den bisherigen Untersuchungen

mit wenigen Ausnahmen um Querschnittsstudien. Deshalb werden im folgenden Beitrag längsschnittliche Befunde zu längerfristigen Folgen der KSS vorgestellt.

- Hypothese 3: Kundenbezogene soziale Stressoren führen zu Burnout (emotionale Erschöpfung, Depersonalisation).
- Hypothese 4: Kundenbezogene soziale Stressoren führen zu psychosomatischen Beschwerden.

## 2. Methode

Zur Überprüfung der Hypothesen wurde eine Studie an städtischen MitarbeiterInnen (N = 106) mit Kundenkontakt durchgeführt. Dabei beinhaltete die Studie sowohl ein Tagebuchdesign als auch ein kurzes Längsschnittdesign.

Die Tagebuchstudie umfasste Befragungen zu drei Zeitpunkten pro Tag (vor Arbeitsbeginn, nach der Arbeit, vor dem Zubettgehen) über die fünf Arbeitstage einer Woche. An allen Zeitpunkten wurde der aktuelle Affekt gemessen. Nach der Arbeit wurde zudem das Ausmaß an am Tag erlebten KSS erfasst. Zur Kontrolle von anderen sozialen Stressoren wurden negatives Vorgesetzten- und Kollegenverhalten (nach der Arbeit) sowie private Stressoren (vor dem zu Bett gehen) erhoben.

Die Längsschnittstudie umfasste zwei Messungen mit einem Intervall von 14 Tagen. Zu beiden Messzeitpunkten wurden KSS, negatives Vorgesetzten- und Kollegenverhalten sowie Burnout (emotionale Erschöpfung, Depersonalisation) und psychosomatische Beschwerden erfasst.

## 3. Ergebnisse

Zur Überprüfung der Hypothesen 1 und 2 wurden die Tagebuchdaten herangezogen. Dabei wurden hierarchisch lineare Modelle mit HLM berechnet. Als kurzfristige Stressreaktionen wurden positiver und negativer Affekt nach der Arbeit sowie vor dem Zubettgehen betrachtet. Für jede Stressreaktion wurden 3 Modelle getestet: Das erste Modell enthielt nur den entsprechenden Affekt am Morgen, so dass die Veränderung des Affekts über den Tag durch die nachfolgend hinzugenommenen Variablen erklärt werden konnte. Das zweite Modell berücksichtigte zusätzlich andere Quellen sozialen Stresses (Kollegen, Vorgesetzte, Personen aus dem Privatleben). Im dritten Modell wurden schließlich die KSS eingeführt.

Hypothese 1, KSS steigern unmittelbar den negativen Affekt, wurde sowohl für den Affekt unmittelbar nach der Arbeit als auch für den Affekt vor dem Zubettgehen bestätigt. Das bedeutet, dass Dienstleister an Tagen, an denen sie mehr negatives Kundenverhalten berichten, auch mehr negativen Affekt nach der Arbeit sowie vor dem Zubettgehen erleben. Hypothese 2, KSS reduzieren unmittelbar den positiven Affekt, konnte weder für positiven Affekt nach der Arbeit noch für positiven Affekt vor dem Zubettgehen bestätigt werden.

Zur Überprüfung der Hypothesen 3 und 4 wurden die längsschnittlichen Daten mit hierarchischen Regressionen analysiert. Im ersten Block wurde für Alter und Geschlecht kontrolliert. Zudem wurde für den jeweiligen Outcome zum ersten Zeitpunkt kontrolliert, so dass die Veränderung in den Stressfolgen durch später eingeführte Variablen vorhergesagt werden konnte. Im zweiten Block wurde für weitere Quellen sozialen Stresses (Kollegen, Vorgesetzte) kontrolliert. Im dritten Block wurden schließlich die KSS berücksichtigt.

Hypothese 3, KSS führen zu Burnout, konnte für die beiden untersuchten Dimensionen von Burnout, emotionale Erschöpfung und Depersonalisation, bestätigt werden. Das heißt, die Veränderung in emotionaler Erschöpfung sowie in Depersonalisation über einen Zeitraum von 14 Tagen wird durch das Ausmaß von KSS zum ersten Zeitpunkt vorhergesagt. Hypothese 4, KSS führen zu psychosomatischen Beschwerden, konnte ebenfalls bestätigt werden. Das heißt, die Veränderung in psychosomatischen Beschwerden über einen Zeitraum von 14 Tagen wird durch das Ausmaß von KSS zum ersten Zeitpunkt vorhergesagt.

#### 4. Diskussion

Ziel dieses Beitrages war es, das Konzept der KSS vorzustellen sowie empirische Befunde zu den unmittelbaren Reaktionen und längerfristigen Folgen der KSS für das Wohlbefinden der betroffenen Dienstleister aufzuzeigen. Als erklärender theoretischer Mechanismus für die „Stressigkeit“ der KSS wurde das Erleben von Ungerechtigkeit und Unfairness herangezogen.

Die empirischen Befunde zeigen, dass KSS unmittelbar, d.h. über den Zeitraum von einem Arbeitstag, den negativen Affekt der Dienstleister steigern. Zudem zeigen die Befunde, dass die negativen Folgen auch nach der Arbeit anhalten und somit das Privatleben der Dienstleister beeinträchtigen. Über einen längerfristigen Zeitraum führen KSS zu Burnout (emotionaler Erschöpfung, Depersonalisation) und zu psychosomatischen Beschwerden. Sowohl die unmittelbaren als auch die längerfristigen Effekte bleiben auch nach der Berücksichtigung von anderen Quellen sozialen Stressses (Kollegen, Vorgesetzte, Personen aus dem Privatleben) bestehen, was verdeutlicht, dass Kunden zusätzlich zu anderen sozialen Stressoren bedeutsam sind.

Um das Wohlbefinden der Dienstleister zu schützen, wäre es wichtig, das Ausmaß an KSS zu minimieren. Hierbei müsste man versuchen, Arbeitsprozesse dahingehend zu optimieren, dass möglichst wenige Reibungspunkte in der Interaktion zwischen Dienstleister und Kunde entstehen. Beispielsweise könnte man Wartezeiten reduzieren oder angenehme Wartezonen schaffen. Da es aber nicht möglich ist, KSS komplett zu verhindern, kommt dem Aufbau geeigneter Ressourcen, um mit KSS umzugehen, eine wichtige Bedeutung bei der Stressprävention zu. Hierbei ist es wichtig zu überlegen, wie das Ungleichgewicht, das Dienstleister durch KSS empfinden, ausgeglichen werden kann. Soziale Unterstützung sowie Anerkennung von Seiten der Vorgesetzten, aber auch der Kollegen, könnten ein wichtiges Gegengewicht darstellen.

#### 5. Literatur

1. Dormann, C. & Dudenhöffer, S. Customer-Related Social Stressors: Meaning and Consequences Across Service Jobs, zur Veröffentlichung eingereichtes Manuskript.
2. Dormann, C. & Zapf, D. 2004, Customer-related social stressors and burnout, *Journal of Occupational Health Psychology*, 9, 61-82.
3. Maslach, C. & Jackson, S.E. 1981, The measurement of experienced burnout, *Journal of Occupational Behaviour*, 2, 99-113.

# Technikstress – eine Beanspruchung an modernen Arbeitsplätzen – Evaluation einer Messmethode in konkreten Arbeitssituationen

Annette HOPPE und Frank HOLZBECHER

*Lehrgebiet Arbeitswissenschaft/ Arbeitspsychologie,  
Brandenburgische Technische Universität Cottbus,  
Siemens-Halske-Ring 14, D-03046 Cottbus*

**Kurzfassung:** Die Entwicklung moderner Technologien und die Bereitschaft zum schnellen oft unkritischen Einsatz neuer technischer Produkte in der Arbeit, Freizeit und öffentlichen Lebensumwelt bietet Chancen aber auch mögliche Risiken für Nutzer von Technik. Daraus ergeben sich neue Aufgaben für die arbeitswissenschaftliche Forschung die positiven Effekte aber auch die negativen Folgen bei der Handhabung moderner Technik zu analysieren, zu erklären und Handlungsempfehlungen zu erstellen. Die Autoren haben in einer Grundlagenstudie und in Arbeitssituationen in der industriellen Praxis das Verhalten von Probanden bei der Nutzung technischer Arbeitsmittel untersucht. Ziel dabei war es jeweils, die psychische Beanspruchung in Form von Technikstress zu erfassen. Zusätzlich wurden Erfahrungen im Umgang mit messtechnischen Verfahren zur Erhebung von physiologischen Daten gesammelt, die auf psychische Belastung durch Arbeitstechnik schließen lassen. Erste Erkenntnisse zur Identifikation psychischer Beanspruchung konnten erbracht werden. Bei kritischer Betrachtung der Untersuchungsmethodik wurde deutlich, dass ein Einsatz in der industriellen Praxis möglich ist.

**Schlüsselwörter:** Psychische Belastung, Messung psychischer Beanspruchung, Technikstress, Leitzentrale.

## 1. Einleitung

Das Lehrgebiet Arbeitswissenschaft/ Arbeitspsychologie der BTU Cottbus ist forschend im Bereich Technikstress tätig. Technikstress ist eine spezielle Form von Stress, ein spezifisches oder unspezifisches Reaktionsmuster des Organismus auf äußere und innere Reizereignisse, die direkt oder indirekt durch Technik, das heißt schon durch die Gestaltung technischer Hilfsmittel, bei der Nutzung von technischen Hilfsmitteln und durch die allgemeine Einstellung und Akzeptanz gegenüber technischen Hilfsmitteln, entsteht und sein physisches und psychisches Gleichgewicht stört sowie seine Fähigkeiten zur Anpassung oder Bewältigung strapaziert oder überschreitet (Hoppe 2009). Basierend auf Erkenntnissen aus Industrieprojekten wurde ein Grundlagenversuch konzipiert, bei welchem im Labor die psychische Beanspruchung an einem standardisierten, simulierten Büroarbeitsplatz durch unvorhersehbare technische Störungen gemessen wurde.



## 2. Methode

### 2.1 Labor Design

Am standardisierten Laborversuch nahmen 136 Probanden aus verschiedenen Berufs- und Altersgruppen teil. Die Aufgabe der Probanden bestand darin, einen vorgegebenen Fachtext innerhalb von 15 Minuten an einem PC abzuschreiben. Die äußeren Einwirkungen wurden zum Zweck der Objektivität konstant gehalten, was durch gleichartige Reproduktion von Umgebungsfaktoren, Aufgabenstellung und Reizeinwirkung für alle Probanden gewährleistet werden konnte. Um eine Aussage zu Beanspruchungsreaktionen bei Techniknutzung treffen zu können, wurden während der Bearbeitungszeit Störungen induziert, welche das Löschen des Textes (Fehler 1) und das Schließen des gesamten Dokumentes (Fehler 2) an definierten Zeitpunkten bewirkten. Zusätzlich wurde nach 10 Minuten eine verbale Ermahnung ausgesprochen, die ein baldiges Ende der Bearbeitungszeit beinhaltete.

### 2.2 Feld Design

Die praxisnahe Untersuchung findet in verschiedenen Kraftwerksleitwarten und am Kraftwerkssimulator statt. Hierbei werden die Messungen im bestimmungsgemäßen Betrieb (Normalbetrieb und bei An- und Abfahrprozessen) und an verschiedenen standardisierten Kraftwerksszenarien am Simulator durchgeführt. Vom Operateur wird bei der Betrachtung der Bildschirme kontinuierlich eine hohe Aufmerksamkeit verlangt. Während der physiologischen Messungen erfolgt zeitsynchron eine schichtbegleitende Beobachtung der Leitstandsfahrer mit Hilfe eines Beobachtungsschemas. Für die eindeutige Identifikation und Zuordnung von Technikstressoren zu prägnanten Merkmalen der Kurvenverläufe von Herzschlagfrequenz und Hautleitfähigkeit werden die Bedien- und Meldeprotokolle (sog. Log-Files) sowie das Beobachtungsprotokoll herangezogen.

### 2.3 Datenaufnahme

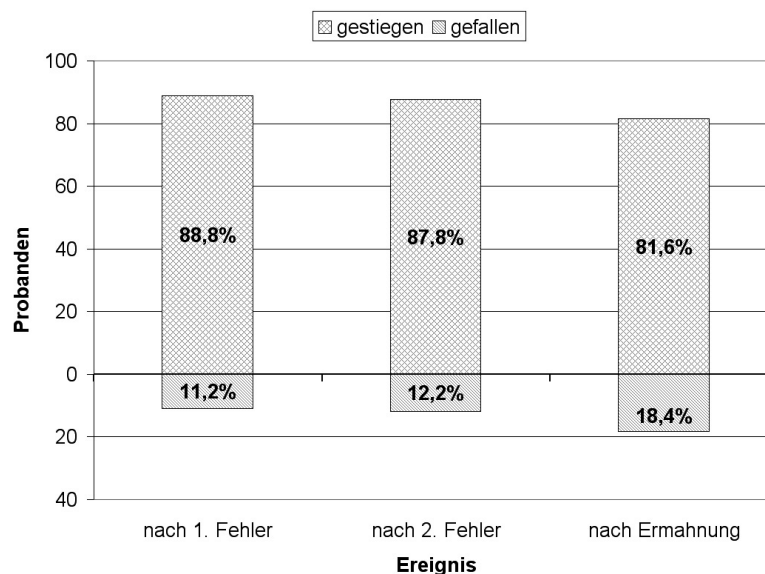
Als wichtige Indikatoren für die psychische Beanspruchung wurden in beiden Untersuchungen die psychophysiologischen Parameter Herzschlagfrequenz und die Hautleitfähigkeit gemessen. Beide Indikatoren sind für die Erfassung kurzfristiger Beanspruchungen und Beanspruchungsveränderungen gut geeignet (Luczak 1987). Nach Nitsch und Udris sind Messungen der Hautleitfähigkeit zwar sehr sensibel, jedoch eine akzeptable Möglichkeit zur Erfassung emotionaler Gefühls- und Stressreaktionen (Nitsch & Udris 1976; Faber 1980).

Für die Datenaufnahme kam das Mehrkanal-Biosignalmessgerät Parport/ F der Firma PAR Medizintechnik GmbH zum Einsatz. Dieses Biosignalmessgerät erlaubt die kontinuierliche Aufzeichnung der Indikatoren über einen längeren Zeitraum bzw. über eine acht Stunden Schicht, wobei es die Handlungsfreiheit der Probanden (Operateure) nicht einschränkt. Um Quervergleiche zu den gemessenen Werten ziehen zu können und um interpretierfähige Zusatzaussagen zu erheben, wurden Fragebögen und Beobachtungen mit Hilfe von Videoaufzeichnungen (Laborversuch) getätigt.



### 3. Ergebnisse

Für die Auswertung des Laborversuches wurden die Messwerte normiert. Deshalb wurden die Reaktionen der Hautleitfähigkeit auf die Ereignisse „1. Fehler“, „2. Fehler“ und „Zeitermahnung“ im Laborexperiment als prozentuale Änderung im Vergleich zu dem Niveau vor der Einflussnahme berechnet. Hierdurch werden Aussagen zur Art und zum Umfang der Hautleitfähigkeitsveränderung möglich. Nach dem ersten Fehler zeigte sich bei 88,8 Prozent der Probanden eine steigende Tendenz und bei 11,2 Prozent der Probanden ein fallender Wert. Ähnlich verhielt es sich bei der Auslösung des zweiten Fehlers (87,8 Prozent/ 12,2 Prozent der Probanden). Ein geringer Unterschied bestand in der Reaktion auf die Zeitermahnung: 81,6 Prozent der 98 Probanden reagierten hier mit einem steigendem Hautleitwert. Die Daten der Probanden mit fallender Tendenz wurden vor der statistischen Untersuchung gefiltert, um diese Sonderfälle nicht zu verallgemeinern. Die Spitzenwerte der Reaktionen stellen sich seitens der Hautleitfähigkeit typischerweise innerhalb eines Zeitraumes ein, der sich aus Latenzzeit 1-3 s und einer Anstiegsdauer von 0,5 – 5 s zusammensetzt. Aus den gemittelten letzten drei Werten vor dem Störereignis wurde der Vergleichswert (=100 Prozent) gebildet und dieser mit dem Spitzenwert der nachfolgenden acht Zeiteinheiten ins Verhältnis gesetzt. Daraus ergibt sich die in Abbildung 1 dargestellte Verteilung für die Hautleitfähigkeitsreaktionen in Folge der induzierten Störereignisse.

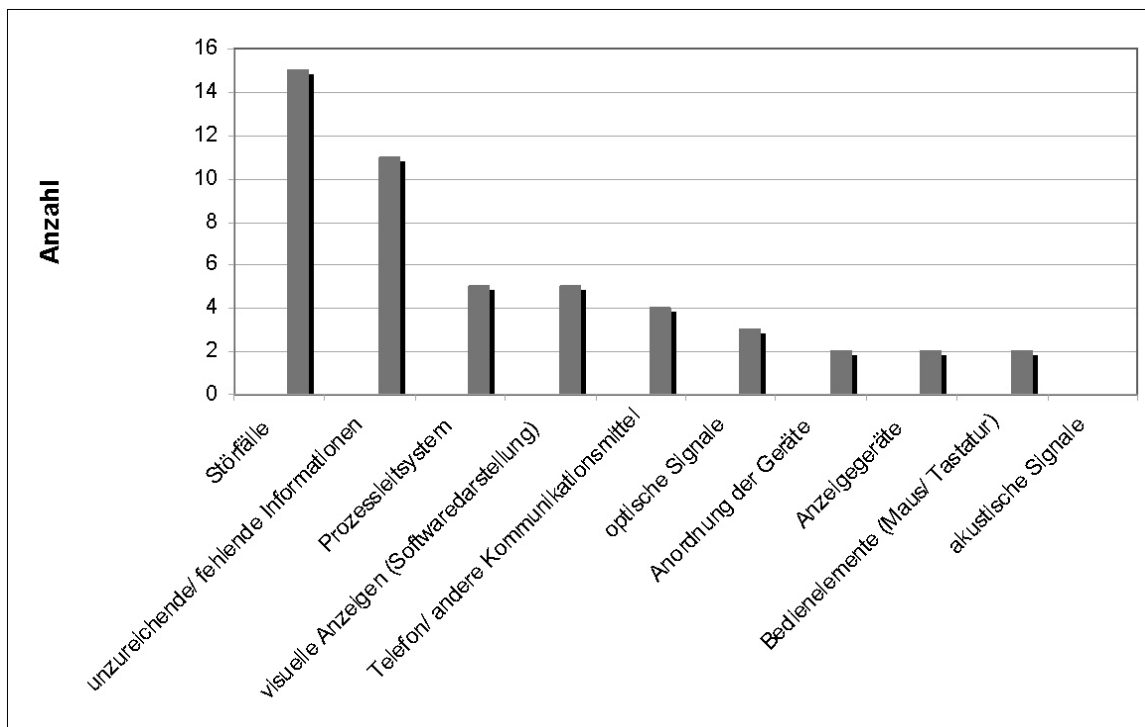


**Abbildung 1:** Prozentuale Veränderung des Hautleitwertes aufgrund der Ereignisse (Hoppe 2009)

Des Weiteren wurde der Grad der Steigerung der Hautleitfähigkeit berechnet. Dazu fand eine Clusterung des Wertebereiches statt, um eine vergleichende Gegenüberstellung der Reaktionen auf die Störereignisse zu ermöglichen. Zu erkennen ist, dass alle drei Datenreihen eine ähnliche Verteilung aufweisen. Zur Bestimmung der Korrelationen zwischen den drei untersuchten Szenarien wurde für die nicht-normalverteilten Werte der Rangkorrelationskoeffizient nach Spearman gebildet. Es zeigte sich zwischen allen drei Wertenreihen eine signifikante Korrelation auf dem 0,01-Niveau.

Erste Ergebnisse in den Kraftwerksleitwarten zeigen, dass aufgrund einer Erhöhung der Hautleitfähigkeit eine psychische Beanspruchung im Umgang mit der Prozessleittechnik existiert. Dies ergab auch die Befragung der Operateure im An-

schluss an die Messungen. 28,6 Prozent der Befragten (n=49) gaben ein hohes Stresserleben während der Ausübung ihrer Arbeitstätigkeit an. Vor allem Bedienauforderungen von Seiten des Prozessleitsystems an den Operateur führen zu psychischen Beanspruchungen, wie aus Abbildung 2 ersichtlich ist. Dies gilt es in den weiteren Untersuchungen vertieft zu analysieren, um weitere Aussagen über die psychische Beanspruchung der Operateure in den Kraftwerksleitwarten sowie Gestaltungsempfehlungen für ein optimales Beanspruchungsempfinden im Umgang mit der Prozessleittechnik treffen zu können.



**Abbildung 2:** Anzahl der Nennungen psychischer Beanspruchungen (n=49)

#### 4. Fazit

Der Grundlagenversuch und die Feldstudie ergaben den Nachweis von Technikstress. Die eingesetzten Methoden konnten spezifiziert werden und erbrachten interpretierfähige Daten. Der Einsatz von Fragebögen vor und nach der Schicht, sowie die zeitsynchrone Beobachtung der Probanden und die Erhebung der psychophysiologischen Parameter entsprechen einer mehrdimensionalen Herangehensweise. Diese entspricht den Angaben der DIN EN ISO 10075-3. Eine Untersuchung unterschiedlicher Aspekte der Arbeitsbelastung mittels verschiedener Messtechniken unter Berücksichtigung mehrerer Genauigkeitsgrade sorgt für eine hinreichende Beschreibung und Bewertung der sich ergebenden Beanspruchungsreaktionen.

#### 5. Literatur

1. DIN EN ISO 10075-3: 2004, Ergonomische Grundlagen bezüglich psychischer Arbeitsbelastung - Teil 3: Grundsätze und Anforderungen an Verfahren zur Messung und Erfassung psychischer Arbeitsbelastung. Berlin: Beuth.

2. Faber, S. 1980, Hautleitfähigkeitsuntersuchungen als Methode der Arbeitswissenschaft. Düsseldorf: VDI-Verlag.
3. Hoppe, A. 2009, Technikstress – Theoretische Grundlagen, Praxisuntersuchungen und Handlungsregularien. Aachen: Shaker-Verlag.
4. Luczak, H. 1987, Psychophysiologische Methoden zur Erfassung psychophysiologischer Beanspruchungszustände. In: U. Kleinbeck & J. Rutenfranz (Hrsg.), Arbeitspsychologie (Enzyklopädie der Psychologie, D/III/1). Göttingen: Hogrefe, S. 185-259.
5. Nitsch, J.R. & Udris, I. 1976, Beanspruchung im Sport - Beiträge zur psychologischen Analyse sportlicher Leistungen. Bad Homburg: Limpert.



# Beanspruchungswirkungen von Selbstkontrollanforderungen bei der Arbeit: Affektive Organisationsbindung als protektive Ressource

Klaus-Helmut SCHMIDT und Stefan DIESTEL

*IfADo – Leibniz-Institut für Arbeitsforschung an der TU Dortmund,  
Ardeystraße 67, D-44139 Dortmund*

**Kurzfassung:** An zunehmend mehr Arbeitsplätzen (insbesondere im Dienstleistungsbereich) werden die Beschäftigten mit der Anforderung konfrontiert, einen beherrschten und kontrollierten Verhaltenseindruck zu vermitteln. Dies setzt das Unterdrücken spontaner, impulsiver Reaktionstendenzen und der hiermit assoziierten Emotionen voraus. Ergebnisse der Grundlagenforschung weisen darauf hin, dass das Bewältigen derartiger Selbstkontrollanforderungen mit erheblichen Kosten (Beanspruchungen) verbunden ist, die sich sowohl auf der Verhaltens- und Erlebensebene als auch auf physiologischer Ebene manifestieren. Aus der Grundlagenforschung ist ebenfalls bekannt, dass positive Affektzustände die adversen Beanspruchungswirkungen der Bewältigung von Selbstkontrollanforderungen abschwächen können. Die Ergebnisse der vorliegenden Feldstudie belegen die Bedeutsamkeit dieser Zusammenhänge auch in realen Arbeitskontexten. Zunehmende Selbstkontrollanforderungen spiegelten sich in einem Anstieg des Burnout-Erlebens, psychosomatischer Beschwerden, Wechselabsichten und Fehlzeiten wider. Alle Beanspruchungsindikatoren ließen darüber hinaus eine bedeutsame Wechselwirkung der Selbstkontrollanforderungen und der affektiven Organisationsbindung erkennen. Bei Personen mit einer starken affektiven Bindung an die Organisation fielen die adversen Beanspruchungswirkungen zunehmender Selbstkontrollanforderungen bedeutsam geringer aus als bei Personen mit schwacher Organisationsbindung.

**Schlüsselwörter:** Selbstkontrollanforderungen, Organisationsbindung, Beanspruchungsindikatoren, Moderatoreffekt.

## 1. Einleitung

Die heutige Arbeitswelt ist durch komplexe und hoch dynamische Umwelten charakterisiert, in denen Anpassungsfähigkeit, Flexibilität und die Fähigkeit zur Selbstorganisation der Arbeit zunehmend an Bedeutung gewinnen. Die hieraus resultierenden Arbeitsanforderungen können nicht durch den Einsatz von starren und automatisierten Verhaltensroutinen bewältigt werden. Ihre Bewältigung setzt vielmehr eine flexible Kontrolle des Verhaltens voraus. Selbstkontrolle ist z. B. dann notwendig, wenn gewohnheitsmäßige und impulsive Verhaltentendenzen sowie die hiermit assoziierten Emotionen zu Gunsten zielorientiertem Verhalten und kundenorientierter Emotionen unterdrückt werden müssen.

Wenngleich Prozesse der Selbstkontrolle für eine flexible Verhaltenssteuerung unerlässlich sind, so hat ihr Einsatz jedoch auch seinen Preis. Ergebnisse der Grundlagenforschung weisen darauf hin, dass das Bewältigen von Selbstkontrollanforde-

rungen gleichzeitig mit psychischen und physiologischen Kosten verbunden ist (Muraven & Baumeister 2000; Baumeister et al. 2007). Das legt die Annahme nahe, dass Anforderungen an die Selbstkontrolle eine potenzielle Belastungsquelle bei der Arbeit darstellen, mit adversen Beanspruchungswirkungen. Aus der Grundlagenforschung ist ebenfalls bekannt, dass positive Affektzustände die Kosten des Einsatzes von Selbstkontrollprozessen abschwächen können (Tice et al. 2007). In realen Arbeitskontexten kann erwartet werden, dass die affektive Organisationsbindung von Personen eine ähnliche protektive Funktion ausübt. Affektive Bindung an die Organisation beinhaltet die relative Stärke der individuellen Identifikation mit und des Eingebundenseins in einer bestimmten Organisation. Indikatoren der Arbeitsbeanspruchung sollten folglich neben Haupteffekten auch eine Wechselwirkung der Selbstkontrollanforderungen und der affektiven Organisationsbindung widerspiegeln.

## 2. Methode

Zur Überprüfung dieser Annahmen wurde eine Studie mit 260 Altenpflegekräften durchgeführt. Mit Ausnahme von Fehlzeiten wurden alle Untersuchungsvariablen mittels Fragebogen während der regulären Arbeitszeit erhoben. Das durchschnittliche Lebensalter der Teilnehmer betrug 41.8 Jahre; die durchschnittliche Tätigkeitsdauer lag bei 11.2 Jahren. 86.5% der Teilnehmer waren Frauen. Der Anteil der Vollzeitbeschäftigten betrug 69.5%. Die Messung der Selbstkontrollanforderungen erfolgte mit einer von Neubach & Schmidt (2007) entwickelten Skala, die mit sechs Items das Ausmaß erfasst, in dem Personen bei der Arbeit spontane, impulsive Reaktionstendenzen und die hiermit assoziierten Emotionen unterdrücken müssen, um im Umgang mit anderen Personen einen beherrschten Verhaltenseindruck zu vermitteln. Die Items erfassen situationsbezogene Anforderungen an die Selbstkontrolle, die Personen veranlassen, Selbstkontrollanstrengungen auszuüben. Die Messung der affektiven Organisationsbindung erfolgte mit einer deutschsprachigen Version der affektiven Bindungsskala von Allen & Meyer (1990).

Als Kriteriumsvariablen der psychischen Beanspruchung wurden die Burnout-Dimensionen der emotionalen Erschöpfung und Distanzierung (Büssing & Perrar 1992), psychosomatische Beschwerden (von Zerssen 1976), Kündigungs- bzw. Wechselabsichten (Hackman & Oldham 1975) sowie Fehlzeiten (Summe der Fehltagge) erhoben. Die Fehlzeiten bezogen sich auf einen Zeitraum von 12 Monaten nach der Fragebogenerhebung.

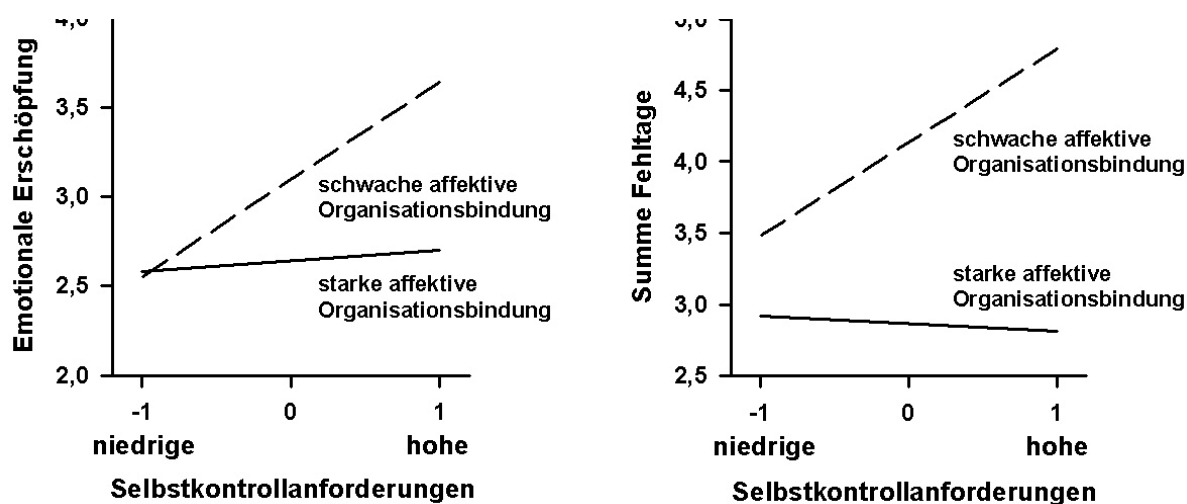
## 3. Ergebnisse

Die Hypothesenprüfung erfolgte mit hierarchischen moderierten Regressionsanalysen, die getrennt für jede Beanspruchungsvariable durchgeführt wurden. In einem ersten Schritt gingen einige biografische Hintergrundvariablen zur Kontrolle möglicher Konfundierungseinflüsse in den Gleichungsansatz ein. Im zweiten Schritt wurden die Selbstkontrollanforderungen und die affektive Organisationsbindung zur Prüfung ihrer Haupteffekte hinzugefügt. Der dritte Schritt beinhaltete schließlich den Einbezug der Wechselwirkung (d. h., des Kreuzprodukts) der beiden zentralen Prädiktorvariablen.

Die Ergebnisse belegen, dass die Selbstkontrollanforderungen und die affektive Organisationsbindung hoch signifikante Haupteffekte auf alle Beanspruchungsmaße



ausüben, mit den erwarteten Vorzeichen. Zunehmende Selbstkontrollanforderungen und eine abnehmende Organisationsbindung gehen mit einem Anstieg des Burnoutlebens (Erschöpfung, Distanzierung), der psychosomatischen Beschwerden, der Kündigungsabsichten sowie der Summe der Fehlzeiten einher. In allen berücksichtigten Beanspruchungsmaßen spiegelt sich darüber hinaus auch eine signifikante Wechselwirkung beider Prädiktorvariablen wider, deren Form in Abbildung 1 beispielhaft für die emotionale Erschöpfung und die Summe der Fehlzeiten (quadratwurzeltransformierte Werte) abgetragen ist. Formgleiche Wechselwirkungen lassen auch die anderen Beanspruchungsmaße erkennen.



**Abbildung 1:** Wechselwirkung zwischen Selbstkontrollanforderungen und affektiver Organisationsbindung auf die emotionale Erschöpfung und Fehlzeiten

In Übereinstimmung mit den Erwartungen zeigt sich, dass die adversen Beanspruchungswirkungen zunehmender Selbstkontrollanforderungen durch die affektive Organisationsbindung abgeschwächt werden. Bei Personen mit einer starken affektiven Bindung an die Organisation gehen mit zunehmenden Selbstkontrollanforderungen deutlich schwächere Beanspruchungswirkungen einher als bei Personen mit geringer Organisationsbindung.

#### 4. Diskussion

Die vorliegenden Ergebnisse belegen, dass die Kosten des Einsatzes von Selbstkontrollprozessen auch in Arbeitskontexten nachweisbar sind. Diese Kosten manifestieren sich nicht nur im Beanspruchungserleben von Personen, sondern auch in Fehlzeiten. Dies weist darauf hin, dass die gefundenen Zusammenhänge nicht allein auf Einflüssen gemeinsamer Methodenvarianz beruhen; vielmehr spiegeln sie reale Gegebenheiten wider. Darüber hinaus lassen die Ergebnisse erkennen, dass die affektive Organisationsbindung von Personen auf zwei Wegen einen günstigen Einfluss auf die Beanspruchung ausüben. Die affektive Bindung trägt erstens unmittelbar zur Beanspruchungsminderung bei. Daneben übt sie einen bedeutsamen Modatoreffekt auf die Belastungs-Beanspruchungs-Beziehung aus. Mit zunehmender Organisationsbindung schwächt sich diese Beziehung deutlich ab (siehe auch Schmidt 2007).

Aus Sicht der Praxis bieten die Ergebnisse weitere Ansatzpunkte für Interventionen zur Beanspruchungsprävention. Das Schaffen von Arbeitsbedingungen, die die

affektive Bindung von Personen an die Organisation stärken, stellt eine vielversprechende Gestaltungsoption dar, die bisher allerdings wenig Aufmerksamkeit gefunden hat.

## 5. Literatur

1. Allen, N.J. & Meyer, J.P. 1990, The measurement and antecedents of affective, continuance, and normative commitment to the organization, *Journal of Occupational Psychology*, 63, 1-18.
2. Baumeister, R.F., Vohs, K.D. & Tice, D.M. 2007, The strength model of self-control, *Current Directions in Psychological Science*, 16, 351-355.
3. Büssing, A. & Perrar, K.-M. 1992, Die Messung von Burnout. Untersuchung einer deutschen Fassung des Maslach Burnout Inventory (MBI-D), *Diagnostica*, 38, 328-353.
4. Hackman, J.R. & Oldham, G.R. 1975, Development of the Job Diagnostic Survey, *Journal of Applied Psychology*, 60, 159-170.
5. Muraven, M. & Baumeister, R.F. 2000, Self-regulation and depletion of limited resources: Does self-control resemble a muscle?, *Psychological Bulletin*, 126, 247-259.
6. Neubach, B. & Schmidt, K.-H. 2007, Entwicklung und Validierung von Skalen zur Erfassung verschiedener Selbstkontrollanforderungen bei der Arbeit, *Zeitschrift für Arbeitswissenschaft*, 61, 35-45.
7. Schmidt, K.-H. 2007, Organizational commitment: A further moderator in the relationship between work stress and strain?, *International Journal of Stress Management*, 14, 26-40.
8. Tice, D.M., Baumeister, R.F., Shmueli, D. & Muraven, M. 2007, Restoring the self: Positive affect helps improve self-regulation following ego depletion, *Journal of Experimental Social Psychology*, 43, 379-384.
9. von Zerssen, D. 1976, Die Beschwerden-Liste. Manual. Weinheim: Beltz.

# Beanspruchungswirkungen von Selbstkontrollfähigkeit und Selbstkontrollanforderungen

Marlen HUPKE und Klaus-Helmut SCHMIDT

*Leibniz-Institut für Arbeitsforschung an der Technischen Universität Dortmund,  
Ardeystr. 67, D-44139 Dortmund*

**Kurzfassung:** Forschungsergebnisse konnten zeigen, dass die Fähigkeit zur Selbstkontrolle den Einfluss von Selbstkontrollanforderungen auf die Entstehung der Burnoutdimension emotionale Erschöpfung abpuffert. In der vorliegenden Studie sollten diese Ergebnisse an einer anderen Stichprobe repliziert, methodisch erweitert und für weitere Dimensionen der Beanspruchung geprüft werden.

**Schlüsselwörter:** Selbstkontrollfähigkeit, Selbstkontrollanforderungen, Burnout, Depressivität.

## 1. Einleitung

Der zunehmende Konkurrenzdruck in vielen Branchen konfrontiert Arbeitnehmer heute immer öfter mit der Anforderung, sich möglichst adaptiv und flexibel auf Veränderungen der Arbeitssituation einzustellen. Dabei müssen spontane, gewohnheitsmäßige Verhaltenstendenzen unterdrückt werden, zielbezogene Handlungen gegenüber ablenkenden Ereignissen abgeschirmt oder auftretende Emotionen zu Gunsten kundenorientierter Emotionen gehemmt werden. Diese Anforderungen werden als kognitive Kontrolle bzw. im Arbeitskontext als Selbstkontrolle bezeichnet (Neubach & Schmidt 2006). Verschiedene experimentelle Studien konnten zeigen, dass sich diese Form der kognitiven Kontrolle bei längerem Gebrauch erschöpft (Murraven & Baumeister 2000; Oaten & Cheng 2005). Diese Erschöpfung von Ressourcen zeigt sich kurzfristig in einer Minderung der Leistung bei Aufgaben, die Selbstkontrolle erfordern. Längerfristig führt sie im Arbeitskontext zu einem erhöhten Beanspruchungserleben. Die in diesem Zusammenhang am häufigsten untersuchte Beanspruchungswirkung von Selbstkontrollanforderungen ist Burnout, vor allem in Bezug auf die Facette emotionale Erschöpfung. Es konnten aber auch Zusammenhänge zu anderen Beanspruchungsdimensionen, wie der Depressivität, Ängstlichkeit oder auch Fehlzeiten gezeigt werden (Neubach & Schmidt 2008; Oaten & Cheng 2005). Schmidt et al. (2007) fanden in einer Studie Hinweise, dass Personen mit geringer Selbstkontrollfähigkeit bei hohen Anforderungen an die Selbstkontrolle eine besonders große Steigerung im Bezug auf das Erleben von emotionaler Erschöpfung zeigen. Die Selbstkontrollfähigkeit wurde dabei über die Häufigkeit von Alltagsfehlern (Broadbent 1982) operationalisiert. Die Selbstkontrollfähigkeit stellt also in der Beziehung von Selbstkontrollanforderungen und Beanspruchung offenbar einen Vulnerabilitätsfaktor dar. In der vorliegenden Studie sollten diese Ergebnisse repliziert und methodisch erweitert werden, indem ein weiteres Maß für die Selbstkontrollfähigkeit genutzt wurde. Weiterhin sollte geprüft werden, ob sich Interaktionen von Selbstkontrollanforderungen und -fähigkeiten auch auf die Beanspruchungsdimensionen Depressivität und Funktionseinschränkungen während des Tages zeigen lassen.

## 2. Methode

### 2.1. Stichprobe

An der Studie beteiligten sich 257 Mitarbeiter aus stationären Einrichtungen der Alten, Kranken- und Behindertenpflege im Raum Dresden und Ostsachsen. 86% der Teilnehmer waren Frauen und der Altersdurchschnitt betrug 38 Jahre.

### 2.2. Messung

Zur Messung der Selbstkontrollanforderungen wurde die Skala von Neubach & Schmidt (2007) eingesetzt. Die Skala misst drei Anforderungsdimensionen der Selbstkontrolle, Impulskontrolle, Ablenkung widerstehen und innere Widerstände überwinden. In der vorliegenden Studie wurde aber lediglich die Gesamtskala ohne Differenzierung genutzt um generelle Zusammenhänge zu prüfen.

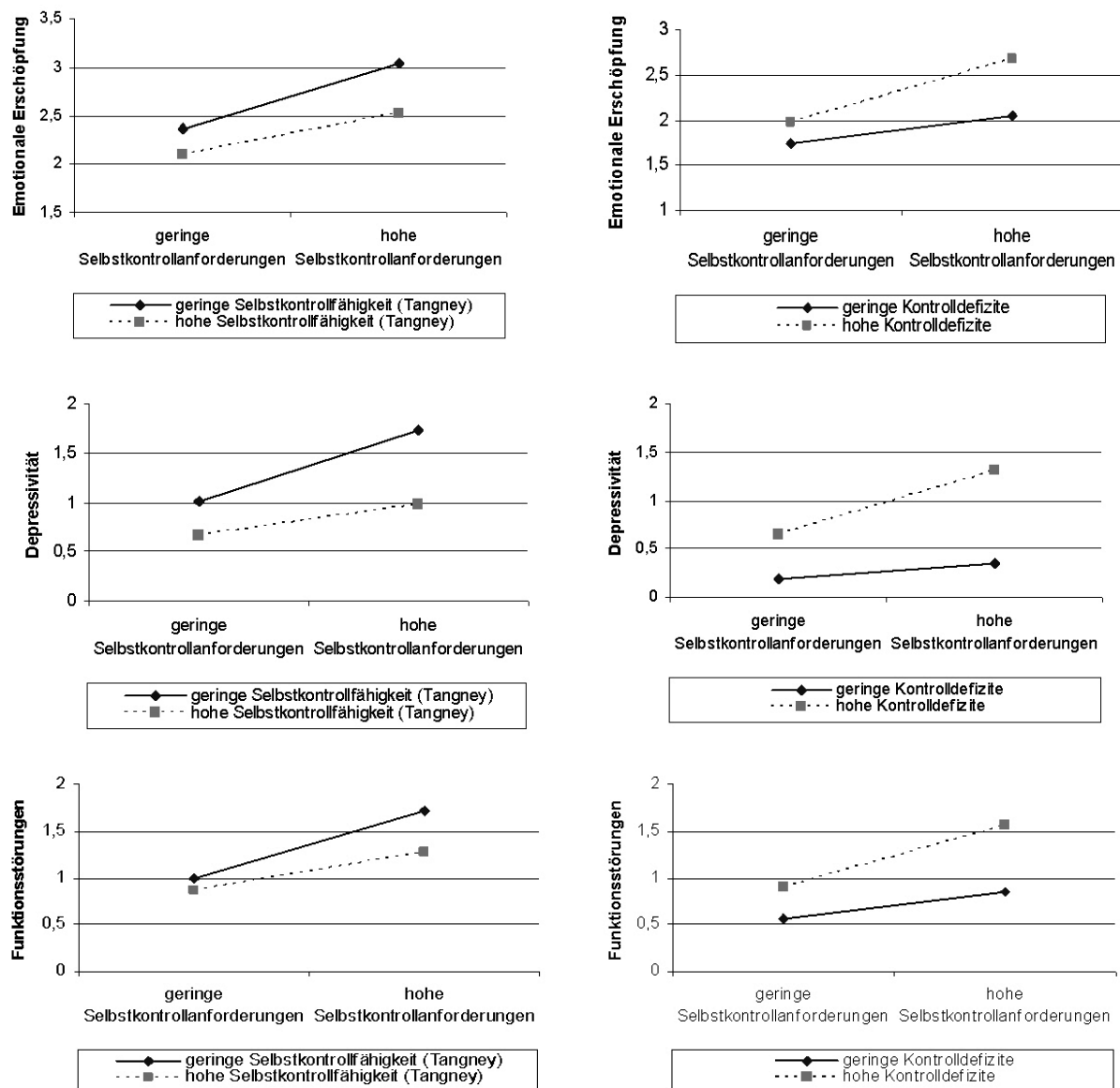
**Tabelle 1:** Ergebnisse der hierarchischen Regressionsanalyse

Regressions-schritte und geprüfte Effekte	Emotionale Erschöpfung		Depressivität		Funktions- einschränkungen	
	$\beta$	$\Delta R^2$	$\beta$	$\Delta R^2$	$\beta$	$\Delta R^2$
Alter	.01*	.051*	.00	.019	.00	.012
Tätigkeit	.09*		.05		.04	
Geschlecht	-.01		.17		.19	
Teilzeit/ Vollzeit	-.08		.09		.05	
<b>Tangney-Skala für Fähigkeitsmessung</b>						
Selbstkontrollanforderungen	.28**	.24**	0.27**	.30**	.30**	.21**
Selbstkontrollfähigkeit	-.22**		-0.30**		.17**	
Wechselwirkung	-.07 <sup>(.104)</sup>	.007	-.10*	.02*	-.08 <sup>(.07)</sup>	.01
R <sup>2</sup>		.28		.31		.23
F		15.19**		17.76**		10.54
<b>Broadbent-Skala für Fähigkeitsmessung</b>						
Selbstkontrollanforderungen	.25**	.24**	.21**	.35**	.24**	.26**
Kontrolldefizit	.22**		.35**		.26**	
Wechselwirkung	.10*	.02*	.13**	.04**	.09*	.02*
R <sup>2</sup>		.30		.41		.30
F		16.71**		24.27**		14.93**

Zur Messung der Selbstkontrollfähigkeit wurden die Items der Skala von Tangney et al. (2004) genutzt, die sich auf allgemeine Handlungstendenzen beziehen bzw. mit geringer Wahrscheinlichkeit sozial erwünscht beantwortet werden. Ausgewählte Items waren zum Beispiel „Ich gestatte mir nie die Kontrolle zu verlieren“ oder „Ich spreche alles aus, was mir in den Sinn kommt“. Parallel dazu wurde auch die Skala zur Ermittlung von Alltagsfehlern (Broadbent et al. 1982) als weitere Fähigkeitsskala eingesetzt. Mit dieser Skala werden kognitive Kontrolldefizite gemessen, die auf eine geringe Selbstkontrollfähigkeit hinweisen. Die beiden Fähigkeitsskalen korrelieren mit  $-.601$  hochsignifikant. Es wurden insgesamt drei Beanspruchungskomponenten betrachtet. Emotionale Erschöpfung wurde mit den entsprechenden Items der deutschen Fassung des Maslach Burnout-Inventars (Büssing & Perrar 1992), Depressivität mit der Kurzfassung des Beck-Depressions-Inventars (Schmitt & Maes 2000) und funktionale Einschränkungen während des Tages mit den zwei Items der entsprechenden Skala aus der Pittsburgh Sleep

Quality Scale (Buysse et al. 1989) gemessen.

### 3. Ergebnisse



**Abbildung 1:** Wechselwirkungen zwischen Selbstkontrollanforderungen und -fähigkeiten (gemessen mit Tangney (jeweils links) und Broadbent (jeweils rechts) auf die Beanspruchungsdimensionen

Die Befragungsdaten wurden mit hierarchischen Regressionen analysiert. Bei jeder Regression wurde der Einfluss biographischer Variablen mit einbezogen, um eventuelle Konfundierungseffekte kontrollieren zu können. Sowohl für die Selbstkontrollanforderungen wie auch für die Selbstkontrollfähigkeit bzw. -defizite lassen sich Haupteffekte auf die Beanspruchungsvariablen zeigen. Um zu prüfen, ob die Selbstkontrollfähigkeit, gemessen mit beiden Skalen, einen Vulnerabilitätsfaktor in der Beziehung von Selbstkontrollanforderungen und den Beanspruchungsvariablen darstellt, wurden Interaktionen berechnet. Es zeigt sich, dass bei Verwendung der Tangney-Skala zur Messung der Selbstkontrollfähigkeit nur die Wechselwirkung auf Depressivität signifikant wird, während für emotionale Erschöpfung und Funktionsstörungen nur annähernd Signifikanz er-

reicht wird (vgl. Tabelle 1). Bei der Messung mit der Broadbent-Skala ergaben sich dagegen signifikante Wechselwirkungen auf alle drei Beanspruchungsdimensionen. In Abbildung 1 sind die Wechselwirkungen auf emotionale Erschöpfung, Depressivität und Funktionsstörungen während des Tages jeweils für beide Fähigkeitsskalen dargestellt. Für die drei Beanspruchungsdimensionen zeigt sich, dass eine hohe Selbstkontrollfähigkeit bzw. geringe Kontrolldefizite einen puffernden Effekt auf den Einfluss der Selbstkontrollanforderungen haben.

#### 4. Diskussion

Die dargestellten Ergebnisse bestätigen und erweitern die Ergebnisse von Schmidt et al. (2007). Bei der Messung der Selbstkontrollfähigkeit mit der Skala von Broadbent wird deutlich, dass Personen mit hohen Selbstkontrolldefiziten bei hohen Selbstkontrollanforderungen einen stärkeren Anstieg in ihrem Beanspruchungserleben zeigen. Das gilt für die emotionale Erschöpfung ebenso wie für die noch nicht zuvor untersuchten Beanspruchungsdimensionen Depressivität und Funktionsstörungen während des Tages. Auch mit der alternativ verwendeten Tangney-Skala zur Messung der Selbstkontrollfähigkeit lassen sich diese Ergebnisse zeigen, es werden aber nicht alle Effekte signifikant. Die fehlende Signifikanz von zwei der drei Wechselwirkungen begründet sich möglicherweise dadurch, dass sich die meisten Items nicht so präzise auf einzelne Handlungen beziehen wie die Items der Anforderungs- und der Broadbent-Skala. Weitere Analysen mit den erhobenen Daten sollen diesen Effekt auch für einzelne Anforderungs- bzw. Fähigkeitsdimensionen der Selbstkontrolle prüfen. Die dargestellten Effekte deuten aber bereits ohne diese Spezifizierung darauf hin, dass eine Förderung individueller Selbstkontrollfähigkeit im Rahmen von Trainings eine Möglichkeit zur Beanspruchungssenkung sein könnte.

#### 5. Literatur

1. Broadbent, D.E., Cooper, P.F., FitzGerald, P. & Parkes, K.R. 1982, The Cognitive Failures Questionnaire (CFQ) and its correlates, *British Journal of Clinical Psychology*, 21, 1-16.
2. Büssing, A. & Perrar, K.M. 1992, Die Messung von Burnout. Untersuchung einer Deutschen Fassung des Maslach Burnout Inventory (MBI-D), *Diagnostica*, 38, 328-353.
3. Buysse, D.J., Reynolds III, C.F., Monk, T.H., Berman, S.R. & Kupfer, D.J. 1989, The Pittsburgh sleep quality index: A new instrument for psychiatric practice and research, *Psychiatric Research*, 28, 193-213.
4. Muraven, M. & Baumeister, R.F. 2000, Self-regulation and depletion of limited resources: Does self-control resemble a muscle?, *Psychological Bulletin*, 126, 247-259.
5. Neubach, B. & Schmidt, K.-H. 2008, Haupt- und Interaktionseffekte von Selbstkontrollanforderungen auf Indikatoren der Arbeitsbeanspruchung, *Zeitschrift Arbeits- und Organisationspsychologie*, 52, 17-24.
6. Neubach, B. & Schmidt, K.-H. 2007, Entwicklung und Validierung von Skalen zur Erfassung verschiedener Selbstkontrollanforderungen bei der Arbeit, *Zeitschrift für Arbeitswissenschaft*, 61, 35-45.
7. Neubach, B. & Schmidt, K.-H. 2006, Beanspruchungswirkungen von Selbstkontrollanforderungen und Kontrollmöglichkeiten bei der Arbeit, *Zeitschrift für Psychologie*, 214, 150-160.
8. Oaten, M. & Cheng, K. 2005, Academic stress impairs self-control, *Journal of Social and Clinical Psychology*, 24, 254-279.
9. Schmidt, K.-H., Neubach, B. & Heuer, H. 2007, Self-control demands, cognitive control deficits, and burnout, *Work & Stress*, 21, 142-154.
10. Tangney, J.P., Baumeister, R.F. & Boone, A. 2004, High self-control predicts good adjustment, less pathology, better grades, and interpersonal success, *Journal of Personality*, 72, 271-324.



# **„Zum Schreiben komme ich einfach nicht ...“ – Zwanghaftes Aufschiebeverhalten als Hemmnis in der Karriere von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern: Zu Entstehung und Bewältigung von Prokrastination**

Andrea WITTICH

*Supervisionsdienst, Abteilung Psychosomatik, Universitätsklinikum Freiburg,  
Hauptstr. 8, D-79104 Freiburg i. Br.*

**Kurzfassung:** Im Kontakt mit wissenschaftlich Beschäftigten eines großen Universitätsklinikums beschäftigt mich als Arbeitspsychologin - neben der Mitgestaltung arbeitsbezogener Maßnahmen auf der Verhältnisebene - gelegentlich das Phänomen, dass sie ihnen selbst wichtige, wissenschaftliche (z.B. Qualifikations-)Arbeiten, nicht oder nur unter großen psychischen und physischen Mühen „in letzter Minute“ fertig stellen. Diese sogenannte Prokrastination, die weder mit Intelligenz noch mit Leistungsbereitschaft korreliert ist, kann sich zu einem Hemmnis im beruflichen Fortkommen entwickeln und ist dann mit erheblicher psychischer Beanspruchung verbunden. Arbeitspsychologisch zeitigen systematische Interventionen auf der Verhaltensebene gute Erfolge. Ausgehend von der empirischen Literatur zu Häufigkeit, Entstehung und Bewältigung der Prokrastination veranschaulicht der Beitrag die in einer solchen Intervention erforderlichen Schritte anhand eines exemplarischen Falles aus einer Medizinischen Fakultät.

**Schlüsselwörter:** Prokrastination, Strukturierung, Routine, Verstärkung.

## **1. Einleitung**

Prokrastination (lat.: procrastinare = auf morgen verlegen) ist die Angewohnheit, notwendige und selbstwertrelevante Arbeiten immer wieder zu verschieben, statt sie zu erledigen. Dafür wird anderen, weniger wichtigen Tätigkeiten der Vorrang gegeben. Chronisches Aufschieben ist ein zentrales Symptom von Arbeitsstörungen. Es kann sowohl private Alltags-Aktivitäten als auch akademische und berufliche Tätigkeiten betreffen und letztlich selbstschädigende Ausmaße annehmen. Das Phänomen ist weit verbreitet. 40% der US-Bevölkerung geben an, schon Nachteile durch Aufschiebeverhalten gehabt zu haben, ca. 20% aller Studierenden leiden unter Prokrastination (Rist et al. 2006).

Zur Erfassung der Tendenz zur Prokrastination werden in der Regel Selbsteinschätzungen zu arbeitsbezogenen Kognitionen und Verhaltensweisen erfragt. Dazu eignen sich diagnostische Gespräche und entsprechende Fragebögen. Die von Helmke & Schrader (2000) ins Deutsche übertragene Aitken Procrastination Scale, erfasst chronisches Aufschieben als „Trait“, als allgemeine Gewohnheit und Persönlichkeitseigenschaft. Das Academic Procrastination State Inventory von Schouwenburg misst dagegen das aktuell aufschiebende Verhalten in der vergangenen Woche (deutsch von Helmke & Schrader 2000). Auf der Homepage der Universität Münster findet sich ein Online-Fragebogen zur Messung des Prokrastinationsverhaltens ([wwwpsy.uni-muenster.de/Prokrastinationsambulanz](http://wwwpsy.uni-muenster.de/Prokrastinationsambulanz)).

Prokrastination scheint weder mit Intelligenz noch mit Leistungsbereitschaft korreliert zu sein (Rist et al. 2006). Untersuchungen an Studierenden fanden jedoch Zusammenhänge mit depressiver Symptomatik, Versagensangst und Angst vor der Bewertung durch andere (Opitz & Patzelt 2004). In Literatur (Guderian 2003; Rückert 2006) und Internet finden sich zahlreiche mögliche Gründe für chronisches Aufschiebeverhalten. Sie reichen von mangelhaftem Zeitmanagement, zeitlicher Fehleinschätzung, Unfähigkeit, Prioritäten zu setzen, Überlastung, Angst vor der Herausforderung, Konzentrationsproblemen, Überforderungsgefühlen bis hin zu Angst vor Erfolg, Perfektionismus, Alles-oder-Nichts-Denken, Überschätzung eigener Leistung und Versagensangst. Rist et al. erklären das Paradoxon, dass bei Versagensangst gerade durch Prokrastinieren ein Versagen wahrscheinlicher wird, mit dem Phänomen des „self-handicapping“: „Wenn Prokrastinierer das eigene Verhalten reflektieren, so gehört dazu regelhaft die Feststellung, dass sie die Prüfung besser bestanden hätten, der Aufsatz noch besser geworden wäre, wenn sie nur rechtzeitig damit angefangen hätten. Prokrastinieren erlaubt es ihnen also, ein positiveres Bild von ihren Leistungen und Fähigkeiten zu haben, als es objektive Arbeitsproben rechtfertigen.“ (Rist et al. 2006, S. 74).

Insgesamt besteht weitgehend Einigkeit darüber, Prokrastination als Störung der Selbststeuerung zu verstehen, die affektive, kognitive und motivationale Komponenten umfasst.

## 2. Vorgehen

### 2.1 Fallbeispiel - Hintergrund

Herr R., 40 Jahre alt, Mediziner, stellvertretender Leiter eines theoretischen medizinischen Universitäts-Instituts, kommt wegen schwerwiegenden, als quälend erlebten Aufschiebeverhaltens bezüglich des Verfassens seiner Dissertation zum Coaching.

Es handelt sich um einen leistungsbezogenen, hochintelligenten Mann, Abiturnote 0.9, Medizinisches Staatsexamen 1.0 und Stipendiat einer Begabtenförderung. Der erste Versuch einer Dissertation war sehr langwierig und scheiterte. Am jetzigen Arbeitsplatz muss er erhebliche Summen an Drittmitteln in nationalen und internationalen Projekten einwerben. Herr R. hat geheiratet und eine Familie gegründet.

Trotz aktuell eigens mit seiner Chefin vereinbarter Freistellung, gelinge es ihm nicht einmal, mit seiner Dissertation anzufangen. Obwohl ihm daran sehr gelegen sei, tue er alles andere zuerst, er arbeite täglich 12-14 Stunden.

In den ersten Sitzungen wird deutlich, dass Herr R. sich sehr unter Druck fühlt, den wahrgenommenen hohen Erwartungen anderer an ihn gerecht zu werden, dass er selbst den Anspruch an sich hegt, eine hervorragende Arbeit abzuliefern und dass er jegliche andere Tätigkeit lieber macht, als sich seiner als nicht zu bewältigenden erlebten Qualifikationsschrift zu widmen.

Das Beispiel veranschaulicht die Komponenten, aus denen sich die Prokrastinationstendenz von Herrn R. zusammensetzt: Auf der affektiven Ebene hat er Angst zu versagen, kognitiv nimmt er einerseits die Erwartungen der anderen an ihn als sehr hoch wahr und stellt andererseits an sich selbst perfektionistische Ansprüche und motivational verschafft ihm sein Aufschiebeverhalten kurzfristige Entlastung durch Vermeidung.

## 2.2 Intervention

Zur Verbesserung der Selbstregulation haben sich vor allem drei Techniken als hilfreich erwiesen: Strukturierung des Arbeitsverhaltens, Routine im Arbeitsablauf und positive Verstärkung zielkompatibler Fortschritte (Rist et al. 2006).

Zur Strukturierung wird zunächst die konkrete Aufgabe ausgewählt, deren Erledigung immer wieder verschoben wird. Im Folgenden werden kleine Zieleinheiten festgelegt. Diese müssen vom Probanden selbst als realistisch und schwerlich zu verfehlen beurteilt werden und können zeitbasiert, anteilsbasiert oder aus beidem kombiniert sein (s. Tabelle 1).

**Tabelle 1:** Anleitungen zur Strukturierung und Umgang mit Zieleinheiten

Zeitbasierte Arbeitseinheiten	Anteilsbasierte Arbeitseinheiten	Kombinierte Arbeitseinheiten
„Besorgen Sie sich einen Wecker. Wählen Sie eine Zeiteinheit, die es Ihnen ermöglicht, etwas zu arbeiten, aber so kurz ist, dass sie Sie nicht einschüchtert. Nicht mehr als 8-10 Minuten.“	„Legen Sie eine nicht zu große Anzahl an Zeilen fest, die Sie täglich schreiben wollen. 5-10 Zeilen?“	„Am besten ist eine Kombination: Hören Sie auf zu arbeiten, sobald Sie entweder das Zeit- oder das Anteilsziel erreicht haben.“

Zur Etablierung einer Routine wird pro Tag möglichst ein begrenzter Zeitraum und konkreter Ort festgelegt, an dem sich der Proband seiner Arbeitseinheit widmen wird. Um diese Routine zu kultivieren, können Erinnerungshilfen unterstützend wirken.

Im dritten Schritt, der Verstärkung, geht es schließlich darum, sich auch schon für kleine Erfolge beim Aufbau alternativen Arbeitsverhaltens zu belohnen.

## 2.3 Fallbeispiel, Teil 2

Herr R. entwickelt in der arbeitspsychologischen Beratung, dass er zunächst eine Gliederung und dann, täglich in der Zeit zwischen 7 und 8 Uhr morgens, je zehn Zeilen verfassen wird. Und jeden Abend in einer kurzen Mail die Beraterin über den Fortgang der Arbeit in Kenntnis setzt. Vereinbart wird, dass er seine Aufzeichnungen nicht liest, bevor er nicht zu jedem seiner Gliederungspunkte mindestens zwei Absätze verfasst hat. Die Möglichkeit dieser Kurzkontakte und verstärkende Antwort-mails der Arbeitspsychologin erlebt Herr R. in der Folge als hilfreiche Unterstützung.

Obgleich es ihm nach Erstellung der Gliederung durchaus nicht jeden Tag gelingt, seinen 10-Zeilen-Vorsatz zu erreichen, hat er nach der ersten Woche einiges zu Papier gebracht und erleichtert das Gefühl, einen „gordischen Knoten“ durchbrochen und seine Anfangsschwierigkeiten überwunden zu haben: „Gestern war ich von 7 bis 20:30 auf Dienstreise in der Schweiz und habe mir eine Schreib-Auszeit gegönnt, aber im Zug voller Begeisterung gelesen. Die Ideen sprießen weiterhin und auch die Lust - ich habe endlich die Kurve gekriegt!“

Die Strukturierung seines Arbeitsverhaltens gelang Herrn R. über das Erstellen der Gliederung sowie die Definition seines täglichen 10-Zeilen-Zieles als anteilsbasierter Arbeitseinheit. Die Routine des Arbeitsablaufs wurde unterstützt durch die genaue Festlegung und klare Eingrenzung des morgendlichen Arbeitszeitraums. Damit war außerhalb dieser Stunde ein Prokrastinieren faktisch verunmöglicht. Antwort-mails auf seine Kurzberichte über das Fortschreiten der Dissertation erlebte Herr R.

als positive Verstärkung und den Aspekt der damit verbundenen gewissen Fremdkontrolle als hilfreich.

### 3. Schlussfolgerung

Bei der Veränderung von Prokrastination zählt vor allem das Anfangen. Menschen, die unter einer schwerwiegenden Form dieser Selbststeuerungs-Störung leiden, sollten sich professioneller Unterstützung bedienen. Eine solche Unterstützung kann eine arbeitspsychologische Intervention auf Verhaltensebene, ein Coaching oder eine Psychotherapie darstellen. Auch spezifische Gruppentrainings haben sich bei chronisch Aufschiebenden als zielführend erwiesen (Rist et al. 2006).

### 4. Literatur

1. Rückert, H.W. 2006, Schluss mit dem ewigen Aufschieben. Frankfurt am Main: Campus.
2. Rist, F., Engberding, M., Patzelt, J. & Beißner, J. 2006, Aber morgen fange ich richtig an! Prokrastination als Arbeitsstörung, Personalführung 6, 64-78.
3. Helmke, A. & Schrader, F.-W. 2000, Prokrastination im Studium – Erscheinungsformen und motivationale Bedingungen. In: U. Schiefele & K.-P. Wild (Hrsg.), Interesse und Lernmotivation, Untersuchungen zu Entwicklung, Förderung und Wirkung. Münster: Waxmann, S. 207-225
4. Opitz, I. & Patzelt, J. 2004, "Aber morgen fang' ich wirklich an!" Zusammenfassung zweier Studien zu Prokrastination bei Studierenden. Im Internet verfügbar unter: [wwwpsy.uni-muenster.de/imperia/md/content/psychotherapie\\_ambulanz/aufschieben\\_net\\_text.pdf](http://wwwpsy.uni-muenster.de/imperia/md/content/psychotherapie_ambulanz/aufschieben_net_text.pdf).
5. Guderian, C. 2008, Arbeitsblockaden erfolgreich überwinden. München: mvg Verlag.

# Interdisciplinary Methods for Stress and Strain Analysis

Yvonne FERREIRA, Verena BOPP und Rolf HELBIG

*Institute of Ergonomics, Darmstadt University of Technology,  
Petersenstraße 30, D-64287 Darmstadt*

**Abstract:** Goal of this study was to analyze the existing stress and strain situation in a network control enterprise. A unique feature was the extensive use of interdisciplinary methods in this study.

**Keywords:** Stress, Strain, Interdisciplinary methods, Job satisfaction, Control room.

## 1. Introduction

A stress and strain analysis was carried out in a network control enterprise, whose unique feature is the extensive use of interdisciplinary methods. The main tasks of the highly skilled personnel are monitoring and managing energy and volume flow (gas, water, electricity and teleheating). They are accountable for the supply of more than 160,000 households. These tasks are performed in a control room, which is monotonous, hazardous informational work.

The goal of this study was to collect, analyze and evaluate the existing stress and strain.

## 2. Procedural method

### 2.1 Overview of the internal processes

A lot of time was invested to get a detailed look at the internal processes. In a first step, inspections were made. During these inspections, the employees were observed in order to record the operational procedures and the basic conditions for them.

Video recordings were produced to analyse several operations. Of course, only persons, who agreed to these recordings, were included. This point was a very awkward one, because the employees were quite mistrustful at the beginning of this study. We had to arrange extra informative meetings to explain exactly our procedure, the goals and the expected results. We learned that another study was carried out some years ago with a negative outcome for the employees (a pay cut and reduction in human resources). Only through the (honest) disclosure of all the intentions for this study and by taking the concerns and fears of the employees seriously could we acquire their confidence.

Every ergonomic analysis and study in the occupational psychology requires the inclusion of the employees. Firstly, the employees have special knowledge about the internal processes, which is quite important for the whole understanding. Secondly, the employees have to accept future changes. Thus, to assure this acceptance, the best way is to include the employees right from the beginning. Furthermore, job satisfaction and motivation grow through the showing of respect and care for the employees.

More information was collected through one-on-one interviews and group sessions with all involved persons (employees, chiefs, work council and so on).

The last step to get a complete overview of the internal processes was the analysis of internal company documents, for example, the operating manual and job descriptions.

Based on this information, partial workloads were identified.

## *2.2 Identification of partial workloads*

The identified partial workloads were presented in a workshop. We asked the concerned persons if these workloads were complete and which workloads had the most weight. Through this we could split the total workload into single partial workloads. These were derived from the situation and the work-task.

## *2.3 Stress Analysis*

The goal of the stress analysis was to collect all aspects of the work situation, as comprehensively as possible, which cause stress (and strain). To achieve this, we developed a standardized tool. It allowed a detailed survey on the workload and was used in eleven shifts. With the help of these data, we could determine which partial workloads appear simultaneously. Besides this tool, the Nasa Task-Load-Index (NASA-TLX) was utilized. The NASA-TLX determines mental, physical, and temporal demands, performance, the necessary effort, and the perceived frustration. It was filled in every half hour during the eleven shifts.

## *2.4 Strain Analysis*

To collect data about the effects of stress, a strain analysis had to be carried out. We chose two methods to collect strain data. To gather information about the subjective (perceived) strain, a questionnaire was developed. The objective strain analysis was determined by blood pressure measurements during the eleven shifts, as well as in a non-working shift. The questionnaire was based on the information from the overview of the internal processes and from previous project experience. The questioning was in written form, anonymous and voluntary. The questionnaire included the following fields: demographics, working time / overtime / holiday / payment, requirement / qualification, information, working atmosphere / work task, ergonomics and job satisfaction.

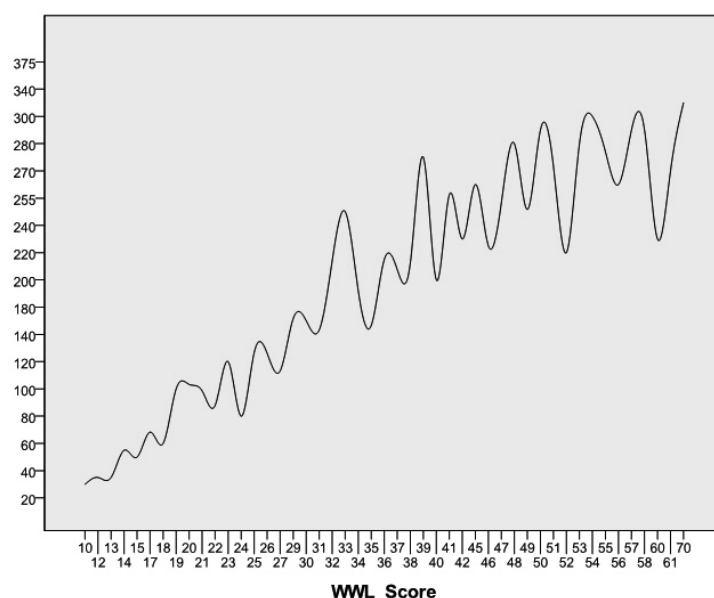
The Job Satisfaction was assessed with “FEAT – Fragebogen zur Erhebung von Arbeitszufriedenheitstypen“ (Questionnaire to assess types of job satisfaction) (Ferreira 2009). FEAT is based on the Zurich Model (Bruggemann 1976; Büssing & Bissels 1998). This model describes the development of job satisfaction and possibilities of employees to influence it. FEAT not only allows the survey of types of job satisfaction, which have already been postulated, but also permits theoretically evaluating any possible type of job satisfaction that can be deduced from the Zurich Model. Knowledge about job satisfaction types in the enterprise allows for the possibility to improve the work environment and to document the effects of improvements. Job satisfaction types give more detailed information about employees and their commitment to the company than single evaluations of typical facets of job satisfaction.

Methodology, insertion and results of the blood pressure measurements were reported in Bopp et al. (2010).



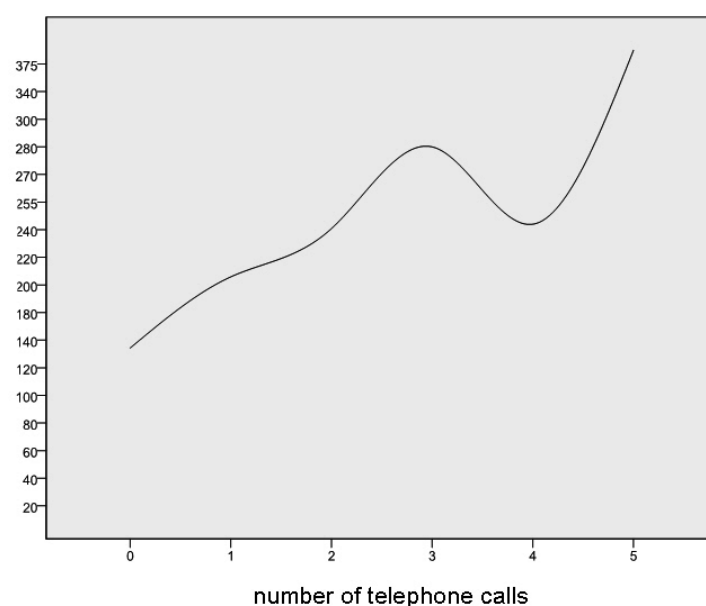
### 3. Results

The results show that stressful situations, which are typical for monitoring tasks, vary considerably. Workload peaks exist, however, they do not lead to acute overloads. It was possible to identify numerous possibilities to reduce the workload by optimizing the work design, which will have a positive impact, especially in critical situations. We were able to show, that the mental demands have a significant influence on the weighted workload (see figure 1).



**Figure 1:** High significant ( $p < 0,001$ ) coherence between mental demands (NASA TLX) and weighted workload (WWL-Score) ( $r = .879$ )

Other significant coherences reveal possibilities to reduce the mental demands and thus, the weighted workload, e. g. the number of telephone calls during a shift or the number of simultaneous requests for switching and connections (see figure 2).



**Figure 2:** High significant ( $p < 0,001$ ) coherence between mental demands (NASA TLX) and number of telephone calls ( $r = .496$ )

This information enables the development of concrete suggestions for improvements in the organizational development.

In terms of an expansive health management program, the significant coherences between the blood pressure measurements and other aspects are highly useful. E. g. high blood pressure is related to the perceived frustration. It could be an interesting way to lower the blood pressure by reducing the perceived frustration.

In ergonomic studies and in studies with an occupational psychology background, deficit analyses are accepted and common. This study was also a deficit analysis, which means, we directly looked for bad or worse conditions of employment. Such a procedure could be quite frustrating and demotivating not only for the employees but also for the management. To reduce this effect, it is necessary and reasonable to also show positive results. Furthermore, positive results can be used as elements in good practices. In this study, we pointed out a lot of positive results. We presented these to the employees and, together with all parties involved, developed – based on these results – new ways for changes. Some positive results are mentioned here: The co-operation between the colleagues is (very) good; the employees have fun, are pleased with their work, and they are (still) motivated for their work.

Analyzed deficits are e. g. the required working time, information flow, time pressure and work interruptions.

#### 4. References

1. Bopp, V.; Ferreira, Y.; Helbig, R. & Bruder, R. 2010, Belastungs- und Beanspruchungsanalyse im Bereich Netzfürhrung einer Energieversorgungsgesellschaft. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg.), Neue Arbeits- und Lebenswelten gestalten. Dortmund: GfA Press, S. 527-530.
2. Bruggemann, A. 1976, Zur empirischen Untersuchung verschiedener Formen von Arbeitszufriedenheit, Zeitschrift für Arbeitswissenschaft, 30, 71-74.
3. Büssing, A. & Bissels, T. 1998, Different forms of work satisfaction: Concept and qualitative research, European Psychologist, 3, 209-218.
4. Ferreira, Y. 2009, FEAT – Fragebogen zur Erhebung von Arbeitszufriedenheitstypen: Zukunftsperspektive für das Züricher Modell, Zeitschrift für Arbeits- und Organisationspsychologie, 53, 177-193.

# Untersuchung der psychischen Belastung von Kundenbetreuern in Zügen

Luciana SICA, Jing QIU, Rolf HELBIG und Ralph BRUDER

*Institut für Arbeitswissenschaft, Technische Universität Darmstadt,  
Petersenstraße 30, D-64287 Darmstadt*

**Kurzfassung:** Im Beitrag werden exemplarische Ergebnisse einer Belastungs-Beanspruchungs-Studie von Kundenbetreuern in Zügen vorgestellt. Die Auswertung einer speziell für die Tätigkeiten der Kundenbetreuer entwickelten und eingesetzten Befragung von über 200 Mitarbeitern zeigte, dass Aspekte wie Verhaltensweisen von Kundengruppen, gewalttätige Aktionen von Kunden und besondere Erlebnisse hinsichtlich der psychischen Belastung einen deutlichen Einfluss aufweisen.

**Schlüsselwörter:** Psychische Belastung, psychische Beanspruchung, Einflussfaktoren, Kundenbetreuer.

## 1. Einleitung

Im Rahmen einer Studie in einem deutschen Unternehmen wurden Belastungen und Beanspruchungen sowie kurz-, mittel- und langfristige Beeinträchtigungen einer ausgewählten Beschäftigungsgruppe im Zugverkehr systematisch untersucht.

Die untersuchte Berufsgruppe war in den letzten Jahren von umfangreichen Änderungen betroffen, insbesondere durch eine zunehmende Technisierung von betrieblichen Vorgängen, kundenorientierte Auskünfte bei komplexer werdender Tarifinformationen, generell ansteigender Kundenorientierung bis hin zur Behebung von Tür- und WC- Störungen. Die Tätigkeit scheint auch durch zunehmende Gewalt von Kunden geprägt zu sein (Essenberg 2003).

Zwar gibt es in der Literatur einige Belastungsstudien über Kundenbetreuer, aber die Änderungen des Berufsbildes in den letzten Jahren wurden nicht systematisch untersucht. Insbesondere hatten die vorhandenen Studien nicht die psychischen Belastungen zum Ziel (Hartmann et al. 1982; van der Heiden et al. 1983).

Ein Schwerpunkt der durchgeführten Studie war es daher, Einflussfaktoren für psychische (besonders auch emotionalen) Belastungen zu ermitteln und daraus Handlungsbedarf und entsprechende Maßnahmen abzuleiten.

Hierzu wurden die Interaktionen der Kundenbetreuer mit Kunden in konflikthafter Situationen und die Verhaltensweisen von unterschiedlichen Kundengruppen betrachtet. Zur Identifizierung der Einflussfaktoren wurden nicht nur Konfliktsituationen, sondern auch positive Situationen untersucht.

## 2. Methode

Auf der Basis eines für die Tätigkeit der Kundenbetreuer angepassten Arbeitssystem-Modells wurden Arbeitsaufgaben, Arbeitsabläufe, Betriebsmittel, Informationsflüsse, Arbeitsergebnisse und Umwelteinflüsse (von physikalischen Einflüssen wie Klima, Lärm usw. bis zu Einflüssen aus organisatorischen Rahmenbedingungen) der

Kundenbetreuer in Zügen systematisch dokumentiert und analysiert.

Zur Erfassung von körperlichen und psychischen Belastungen und Beanspruchungen wurden die folgenden Methoden eingesetzt: Verschiedene Workshops mit Kundenbetreuern und deren Vorgesetzten, exemplarische Mitfahrten mit Protokollierung der Arbeitsabläufe und Interviews, Schichtplananalysen und anonyme Befragungen.

Für die Befragungen wurden standardisierte Fragebögen und ein speziell für die Tätigkeiten der Kundenbetreuer entwickelter Fragebogen, der u.a. die subjektiv empfundenen, tätigkeitsspezifischen Belastungen erfasst, eingesetzt.

Der berufsspezifische Fragebogen wurde von einer Arbeitsgruppe aus Arbeitswissenschaftlern, Arbeitspsychologen, Kundenbetreuern und deren Vorgesetzte entwickelt und im Rahmen eines Workshops mit weiteren Kundenbetreuern auf Verständlichkeit, eindeutige berufsbezogene Terminologie usw. getestet. Der spezifische Fragebogen wurde von einer repräsentativen Stichprobe von 208 Kundenbetreuern ausgefüllt.

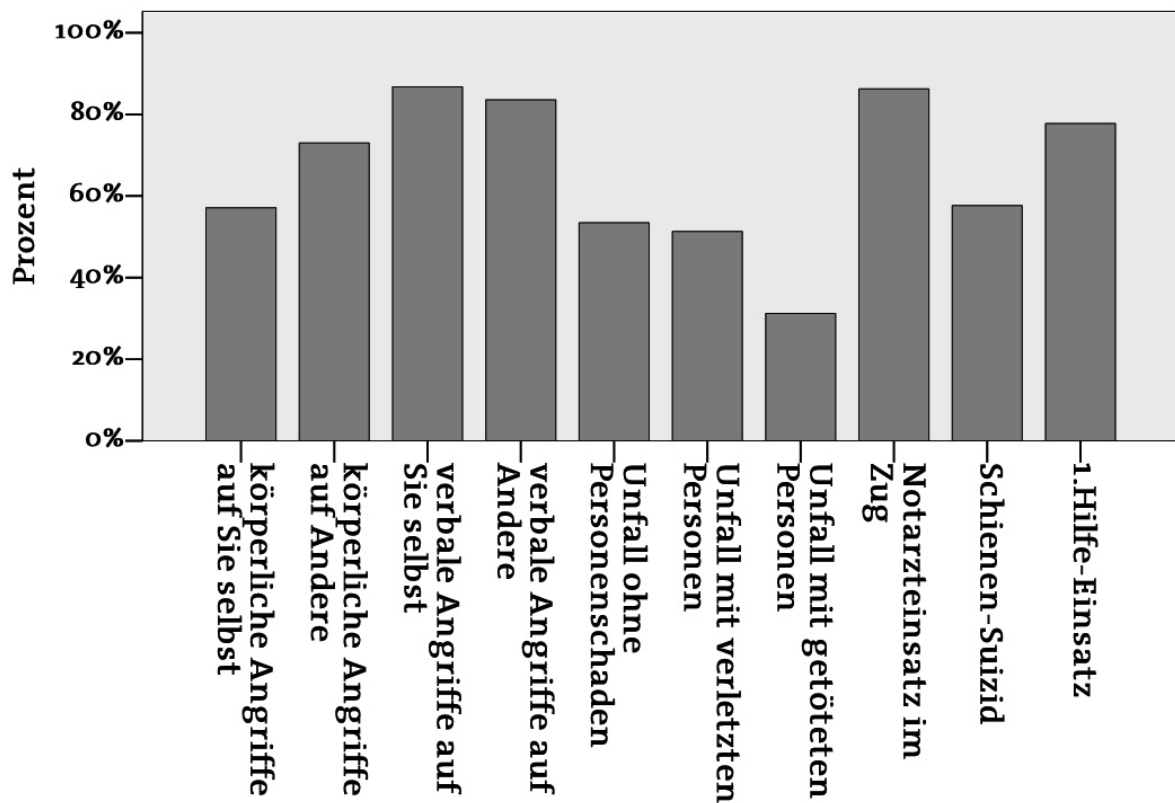
In Rahmen dieses Beitrags werden exemplarische Ergebnisse des berufsspezifischen Fragebogens betrachtet.

Die Daten wurden statistisch mit Excel und SPSS ausgewertet. Differenziert in Abhängigkeit von demografischen Parametern (z.B. Alter, Geschlecht, Dienstalter) wurden Häufigkeitsanalysen sowie bedarfsweise Korrelationen und verschiedene Tests zum Vergleich zweier oder mehrerer unabhängiger oder verbundener Stichproben berechnet.

### 3. Ergebnisse

Auf der Grundlage der Befragungsergebnisse sind für die Mitarbeiter die Zunahme der Service-Aufgaben und die Konflikte mit Kunden kritische Veränderungen. Als Ursache für eine zunehmende Konfrontation mit dem Reisenden wurde unter anderen die fehlenden Möglichkeiten zum Fahrkartenverkauf im Zug, Störungen an Fahrkartenautomaten, häufige Verspätungen und Preiserhöhungen geäußert. Es wurde ein Zusammenhang zwischen der subjektiv empfundenen mentalen Beanspruchung und u.a. folgenden Faktoren gefunden: Veränderung des Aufgabenfelds, empfundene körperliche und emotionale Beanspruchung, Beurteilung von Arbeitsmitteln (z.B. Lesbarkeit des Displays), Wandel des Berufsbildes (z.B. Arbeitsplatzsicherheit, Bezahlung/Entlohnung, Betriebsklima und Honorierung der Berufserfahrung). Eine Beziehung zwischen der empfundenen emotionalen Beanspruchung und folgenden Faktoren wurde identifiziert: Häufigkeit der emotionalen Belastung durch Verhaltensweisen verschiedener Kundengruppen (z.B. Jugendliche/Schüler, von Kunden mittleren Alters oder ältere Kunden, Fußballfans, Besuchern von großen Veranstaltungen), durch Kundenverhalten (u.a. Verunreinigen der Fahrzeuge, Füße auf dem Sitz, Missachtung von Geboten/Verboten, Unverständnis bei Ordnungsmaßnahmen, Offenhalten der Türen für verspätete Reisende, Rauchen im Zug) und gewalttätige Aktionen von Kunden in Form von Sachbeschädigungen oder Gewalt gegen andere Personen. Die Häufigkeit des Auftretens von besonderen Situationen wie zum Beispiel Verspätungen, überfüllte Züge, defekte WCs, Fahrradbeförderung, verschmutzte Wagen und Störungen der Türen können auch zu emotionaler Beanspruchung führen. Als positive Situationen, die die Belastung beeinflussen können, wurde die Unterstützung durch Lob und freundliche Gesten der Kunden identifiziert. Weiterhin wurde nach Art und Anzahl besonderer Erlebnisse während der Dienstzeit gefragt.

Das Ergebnis zeigt Abbildung 1. Ca. 80% der Kundenbetreuer haben z.B. verbale Angriffe auf sich selbst oder andere und Notfalleinsätze im Zug erlebt.



**Abbildung 1:** Erlebnisse während der Dienstzeit

Teilweise wurden derartige Situationen mehrmals erlebt. Insbesondere verbale Angriffe auf sich und andere haben rund 60% der Kundenbetreuer schon zehnmal oder häufiger erlebt (siehe Abbildung 2). Die Art der Erlebnisse als auch deren Umfang lassen den Bedarf erkennen, den davon betroffenen Kundenbetreuern weiterhin psychologische Betreuung anzubieten.

Statistisch signifikante Unterschiede zwischen Altersgruppen und Geschlecht wurden bei verschiedenen Faktoren gefunden. Insgesamt wurde festgestellt, dass sowohl die mentale und emotionale Beanspruchung als auch die Gesamtbeanspruchung von weiblichen Beschäftigten etwas weniger häufig als hoch oder sehr hoch eingestuft werden. Zusammenfassend geben die Kundenbetreuer an, dass ihr Aufgabenfeld in den letzten Jahren umfangreicher, belastender, schwieriger aber auch interessanter geworden ist.

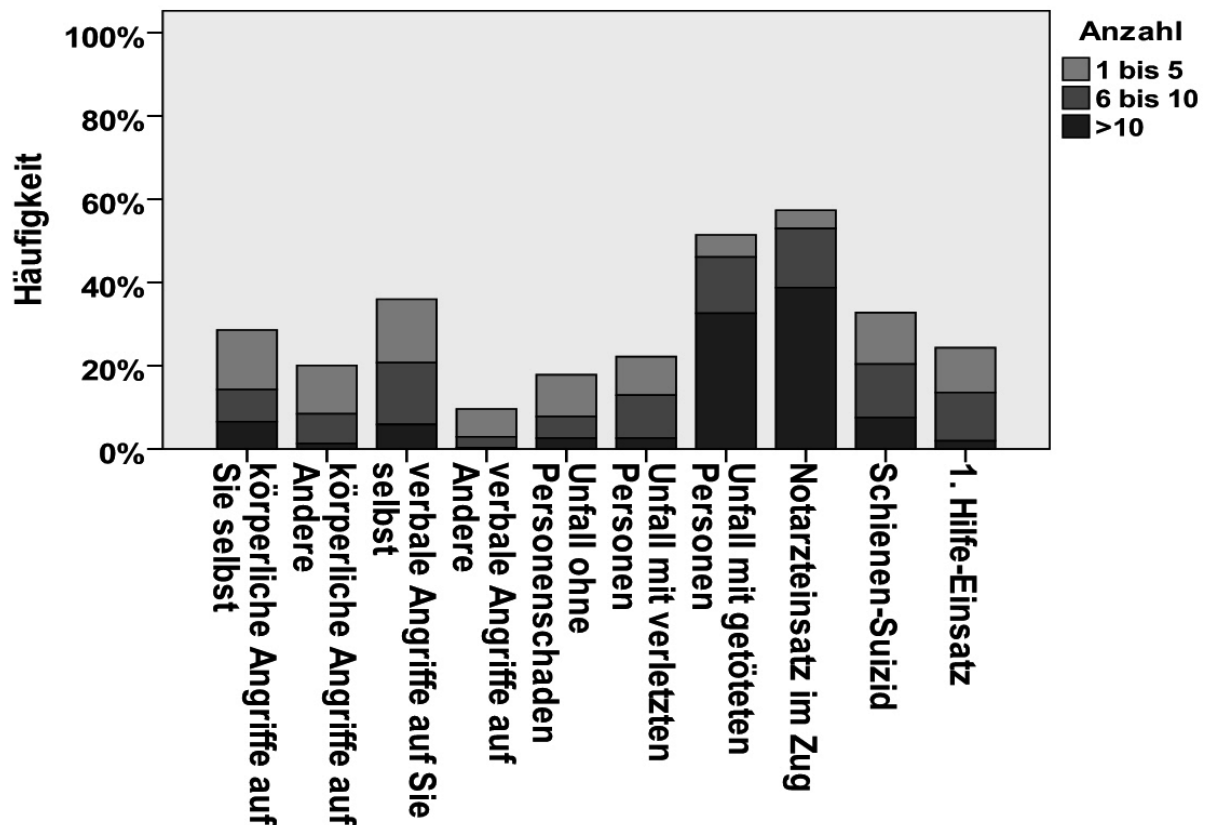


Abbildung 2: Anzahl der Erlebnisse während der Dienstzeit

#### 4. Literatur

1. Essenberg, B. 2003, Violence and stress at work in the transport sector. Meeting of Experts by the ILO's Sectoral Activities Programme, 8-15 October 2003.
2. Hartmann, A.L., van der Heiden, G., & Grandjean, G. 1982, Arbeitsmedizinische Untersuchungen bei Zugbegleitern und Stellwerkbeamten der SBB, Sozial- und Präventivmedizin, 27, 246-248.
3. Van der Heiden, G., Hartmann, A. & Grandjean, E. 1983, Ergonomische Untersuchungen bei Zugbegleitern der SBB, Sozial- und Präventivmedizin, 28, 250-251.



# **Belastungsanalyse**



# Dialogorientierte Gefährdungsbeurteilung für nichtstationäre Arbeitsplätze – Konzept und Erfahrungen mit einem handwerksgerechten Werkzeug

Albert RITTER<sup>1</sup> und Achim SCHULTE<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Dr. Albert Ritter – Forschung, Beratung, Training (FBT),  
Geißberggring 75, D-67697 Otterberg;

<sup>2</sup> Institut für Technik der Betriebsführung im Deutschen Handwerksinstitut e.V. (itb),  
Karl-Friedrich-Straße 17, D-76133 Karlsruhe

**Kurzfassung:** Nichtstationäre Arbeitsplätze besitzen in der Regel ein überdurchschnittlich hohes Gefährdungsniveau. Dies gilt in besonderem Maße für Bau- und Montagestellen von Handwerksbetrieben. Neben der systematischen Berücksichtigung von Arbeits- und Gesundheitsschutzbelangen bei der Planung und Arbeitsvorbereitung solcher Tätigkeiten sind vor allem praxistaugliche Instrumente für eine „Gefährdungsbeurteilung vor Ort“ und einen „Sicherheitsdialog vor Ort“ erforderlich. Im Rahmen des Forschungsvorhabens NOAH wurde hierfür mit Handwerksbetrieben das Konzept einer „dialogorientierten Gefährdungsbeurteilung für nichtstationäre Arbeitsplätze“ entwickelt und in elf Handwerksbetrieben pilotartig erprobt.

**Schlüsselwörter:** Gefährdungsbeurteilung, Partizipation, nichtstationäre Arbeitsplätze, Baustellen, Handwerk.

## 1. Nichtstationäre Arbeitsplätze: Eine besondere Herausforderung für den Arbeitsschutz und Gesundheitsförderung in Handwerksbetrieben

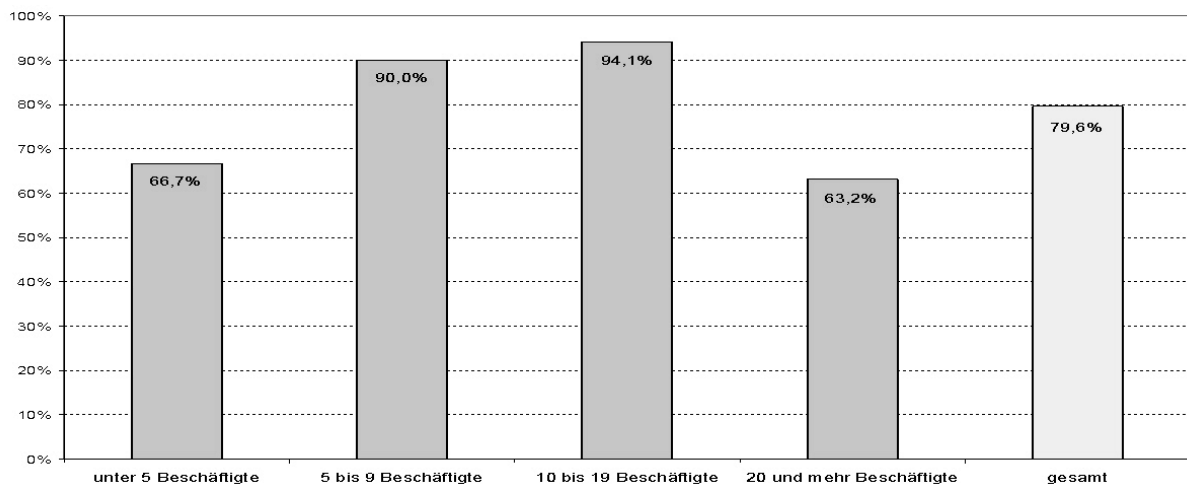
Anfang 2009 waren in den Rollen der Handwerkskammern insgesamt 967.201 Betriebe mit ca. 4,8 Mio. Beschäftigten eingetragen (ZDH 2010). Etwas mehr als die Hälfte dieser Handwerksbetriebe haben nichtstationäre Arbeitsplätze, d. h., die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter dieser Betriebe sind teilweise oder regelmäßig auf zeitlich befristet eingerichteten Arbeitsplätzen tätig. Hierzu zählen insbesondere Bau-, Montage-, Instandhaltungs- und Reinigungsarbeiten bei Kunden. Die Arbeitsorte befinden sich auf dem Gelände des Kunden oder in privaten Haushalten.

Aus der Sicht des Arbeitsschutzes und der Gesundheitsförderung sind bei nichtstationären Arbeitsplätzen in Handwerksbetrieben insbesondere zu beachten:

- Selbst bei einer guten Planung und Arbeitsvorbereitung müssen die Arbeitsprozesse und Arbeitsbedingungen häufig situationsspezifisch angepasst werden. Nicht selten wird deshalb improvisiert. Nichtstationäre Arbeitsplätze fordern deshalb einerseits von den Beschäftigten ein Höchstmaß an Flexibilität, die Bereitschaft, sich täglich auf neue Situationen einzustellen, sowie die Fähigkeit, die spezifischen Forderungen vor Ort zu bewältigen. Andererseits müssen die Arbeitsplätze situationsspezifisch gestaltet werden. Dies kann nur durch oder mit den vor Ort verantwortlichen und tätigen Personen geschehen. Hierfür sind die Zuständigkeiten klar zu regeln. Die vor Ort verantwortlichen und tätigen Personen müssen darüber hinaus über das entsprechende Gestaltungswissen sowie die erforderlichen Gestaltungsbefugnisse verfügen. Hier bestehen in vielen Handwerksbetrieben gravierende Defizite (Ritter & Schulte

2009a). Eine erste Auswertung von Expertengesprächen mit 49 Handwerksbetrieben, die Handwerksberater beispielhaft auswählten, zeigt, dass ca. 80 % dieser Betriebe nicht explizit Verantwortliche für die nichtstationären Arbeitsplätze benennen (siehe Abbildung 1).

- Aus den Arbeitsbedingungen der nichtstationären Arbeitsplätze (z. B. Tragen schwerer Teile, Überkopfarbeit, Absturzgefahren, schlechte Witterungsbedingungen) resultiert in der Regel ein überdurchschnittlich hohes Belastungs- und Gefährdungspotential.
- Häufig sind im Arbeitsbereich auch Beschäftigte anderer Firmen bzw. des Kunden tätig oder Bewohner, Passanten etc. anwesend. Hieraus können gegenseitige Gefährdungen resultieren, die zu erkennen und zu vermeiden/reduzieren sind.
- Gesundheitsförderung ist auch bei nichtstationären Arbeitsplätzen ein sehr wichtiges Thema. Vor dem Hintergrund des demografischen Wandels gewinnt sie für Handwerksbetriebe zunehmend an Bedeutung. Die Organisation von Maßnahmen der betrieblichen Gesundheitsförderung ist hier jedoch häufig sehr schwierig (mühsame Terminabstimmung, zu weite Wege etc.).



**Abbildung 1:** Anteil der Handwerksbetriebe, die für ihre nichtstationären Arbeitsplätze keine verantwortliche Person explizit benennen (N = 49)

Nichtstationäre Arbeitsplätze sicher und gesund zu gestalten, stellt deshalb sowie vor dem Hintergrund der Defizite im Arbeitsschutzmanagement der Handwerksbetrieben (Ritter & Schulte 2009a, b) für die überwiegende Mehrheit der Handwerksbetriebe eine besondere Herausforderung dar.

## 2. Gefährdungsbeurteilungen für nichtstationäre Arbeitsplätze

Gefährdungsbeurteilungen bilden die Grundlage für einen wirksamen Arbeits- und Gesundheitsschutz. Obwohl das Arbeitsschutzgesetz jeden Unternehmer verpflichtet Gefährdungsbeurteilungen zu erstellen, kann – je nach Untersuchung – nur etwa jeder zweite Betrieb deren Durchführung nachweisen (Beck & Lenhardt 2009). Belastbare Informationen zur Anwendung der Gefährdungsbeurteilung in Handwerksbetrieben sind sehr rar. Im Rahmen der BIBB/BAuA-Erwerbstätigenbefragung 2006 (BIBB 2007) wurden 20.000 Erwerbstätige in Deutschland unter anderem danach gefragt, ob an ihrem Arbeitsplatz eine Gefährdungsbeurteilung durchgeführt wurde. Von den

telefonisch befragten Personen waren 1.716 in einem Handwerksbetrieb beschäftigt. Lediglich 22 % gaben an, dass an ihrem Arbeitsplatz eine Gefährdungsbeurteilung durchgeführt wurde (insgesamt waren es 36 %). Bei den Handwerksbetrieben mit weniger als 50 Beschäftigten lag der Anteil bei 18 %, bei den Handwerksbetrieben zwischen 50 und 249 Beschäftigten bei 32 % und bei den sehr großen Handwerksbetrieben bei 38 % (Beck & Lenhardt 2009). Das alarmierende Ergebnis insbesondere bei den Betrieben bis 50 Beschäftigten – dies sind ca. 98 % aller Handwerksbetriebe in Deutschland (errechnet aus Zahlen des ZDH, ZDH 2010) – bestätigen die bereits bekannten gravierenden Umsetzungsprobleme im Arbeitsschutz.

Vor diesem Hintergrund entwickelt das vom BMBF im Rahmen des Förderprogramms „Innovationsfähigkeit in einer modernen Arbeitswelt“ geförderte Forschungsprojekt NOAH („Nutzenorientierter und kostenreduzierter Arbeits- und Gesundheitsschutz im Handwerk“, siehe [www.noah-projekt.de](http://www.noah-projekt.de)) handwerksgerechte Modelle und Lösungen. Ziele sind insbesondere

- die Entwicklung innovativer Konzepte für einen präventiven Arbeitsschutz, der auch die Gesundheitsförderung mit einschließt und den Nutzen für den Betrieb sowie die Beschäftigten in den Mittelpunkt stellt, und
- die Entwicklung und pilotartige Erprobung handwerksgerechter Umsetzungskonzepte, Instrumente und Handlungshilfen für einen wirksamen und rechtskonformen Arbeitsschutz und eine nachhaltige Gesundheitsförderung.

Im Rahmen der Feldforschung in drei Anwendernetzwerken mit insgesamt 27 Handwerksbetrieben unterschiedlicher Größe und Branchenzugehörigkeit erwiesen sich die Gefährdungsbeurteilungen, und vor allem die für nichtstationäre Arbeitsplätze als besonderes Umsetzungsproblem. Deshalb wurden in einem Anwendernetzwerk mit fünf baunahen Handwerksbetrieben beispielhafte Baustellen begangen und Gespräche mit den Beschäftigten vor Ort geführt. Anschließend wurden die Ergebnisse dieser Aufnahmen sowie Konzepte und Erfahrungen mit beteiligungsorientierten Methoden der Gefährdungsbeurteilung (z. B. Sicherheitskurzgespräche (Ritter 2005), moderierte tätigkeitsbezogene Gefährdungsbeurteilung (Kirschstein & Partner 2008) und moderierte Gefährdungsbeurteilung (Brennert et al. 2009) in einem Workshop mit den fünf Unternehmern der einbezogenen Betriebe, einer erfahrenen Fachkraft für Arbeitssicherheit sowie einem Berater des Handwerks diskutiert. Ausgehend von der Erwartung der Handwerksunternehmer, dass ihre Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter vor Ort eigenverantwortlich und „selbst sicher“ handeln müssen, konzipierte das gleiche Team in einem zweiten Workshop folgendes Lösungskonzept:

- Der Arbeitsschutz wird bei der Planung und Arbeitsvorbereitung der Bau-/Montagetätigkeiten systematisch berücksichtigt.
- Für jede Bau-/Montagetätigkeit wird ein Auftragsverantwortlicher vor Ort (AvO), der auch Weisungsbefugnisse hat, benannt (z. B. ein Obermonteur).
- Der AvO erstellt vor Beginn der Tätigkeiten vor Ort mittels einer zweiseitigen Checkliste eine „baustellenbezogene Gefährdungsbeurteilung“ und spricht diese mit den Beschäftigten vor Ort durch. Diese bestätigen die Einweisung auf der Checkliste. Bei Bedarf ergänzt der AvO die Gefährdungsbeurteilung und weist die Beschäftigten erneut sowie neu hinzukommenden Personen in gleicher Weise ein.
- Die baustellenbezogenen Gefährdungsbeurteilungen ergänzen die Standardgefährdungsbeurteilungen, die für alle geplanten Tätigkeiten, vorgesehenen Betriebsmittel und planmäßig zu verwendenden Arbeitsstoffe aus Mustergefährdungsbeurteilungen erstellt werden, wobei deren Anzahl möglichst gering gehalten wird.

Im Rahmen des NOAH-Projektes erprobten elf Handwerksbetriebe das Konzept der „Dialogorientierten Gefährdungsbeurteilung für nichtstationäre Arbeitsplätze“. Diese Anwenderbetriebe – drei Elektrobetriebe, zwei Dachdeckereien, ein Bauunternehmen, eine Zimmerei, eine Schreinerei, ein Maler-/ Stukkateurbetrieb, ein SHK-Betrieb und ein Metallbauer – beschäftigen zwischen 3 und 120 Personen.

### 3. Ergebnisse

Die dialogorientierte Gefährdungsbeurteilung für nichtstationäre Arbeitsplätze entspricht den Forderungen der „Leitlinie Gefährdungsbeurteilung und Dokumentation“ (BMAS, LASI & DGUV 2008). Sie hat sich in der Praxis bewährt. Nach einigen Anlaufschwierigkeiten nutzen die Anwenderbetriebe, die dieses Instrument in ihre Auftragsabwicklung fest eingebunden haben, bei allen nichtstationären Arbeitsplätzen mit besonderen bzw. spezifischen Gefährdungsbedingungen. Die Anwender bewerten das Instrument sehr positiv (siehe Tabelle 1).

**Tabelle 1:** Bewertung des Instruments "Dialogorientierte Gefährdungsbeurteilung für nichtstationäre Arbeitsplätze" durch Meister / Arbeitsverantwortliche vor Ort aus elf Handwerksbetrieben

<b>Anwendbarkeit</b> des Instruments	<b>2</b> sehr einfach	<b>9</b> einfach	<b>0</b> teils, teils	<b>0</b> schwierig	<b>0</b> sehr schwierig
<b>Praktikabilität</b> für Bau-/Montagestellen	<b>0</b> sehr praktikabel	<b>11</b> praktikabel	<b>1</b> teils, teils	<b>0</b> weniger praktikabel	<b>0</b> nicht praktikabel
<b>Aufwand</b> der Durchführung	<b>2</b> voll vertretbar	<b>9</b> vertretbar	<b>0</b> teils, teils	<b>0</b> hoch	<b>0</b> sehr hoch
<b>Handwerks-gerecht</b>	<b>2</b> voll handwerksgerecht	<b>9</b> handwerksgerecht	<b>0</b> teils, teils	<b>0</b> weniger handwerksgerecht	<b>0</b> nicht handwerksgerecht

### 4. Literatur

1. Beck, D. & Lenhardt, U. 2009, Verbreitung der Gefährdungsbeurteilung in Deutschland, Prävention und Gesundheitsförderung, 1, 71-76.
2. Bundesinstitut für Berufsbildung – BIBB 2006, BIBB/BAuA-Erwerbstätigenbefragung 2006 - Arbeit und Beruf im Wandel, Erwerb und Verwertung beruflicher Qualifikationen. Im Internet verfügbar unter: [www.bibb.de/de/26738.htm](http://www.bibb.de/de/26738.htm) (11.1.2010).
3. Brenner, C., Müller-Bagehl, C., Bauer-Sternberg, D. & Säckl, W. 2009, Moderierte Gefährdungsbeurteilung, Schriftenreihe der Initiative Neue Qualität der Arbeit: inqa pflege. Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin.
4. BMAS, LASI & DGUV 2008, Leitlinie Gefährdungsbeurteilung und Dokumentation. Im Internet verfügbar unter: [http://www.dguv.de/inhalt/paevention/gemein\\_strat/GB-Leitlinie\\_Endfassung-11\\_06\\_08\\_\\_2\\_.pdf](http://www.dguv.de/inhalt/paevention/gemein_strat/GB-Leitlinie_Endfassung-11_06_08__2_.pdf) (22.01.2010).
5. Kirschstein & Partner 2008, Moderierte tätigkeitsbezogene Gefährdungsbeurteilung. Im Internet verfügbar unter: [www.kirschstein.org/KuP/I\\_AS\\_Gefaehrdung.html](http://www.kirschstein.org/KuP/I_AS_Gefaehrdung.html) (11.1.2010).
6. Ritter, A. & Schulte, A. 2009a, Umsetzung des Arbeitsschutzes und der Gesundheitsförderung in Handwerksbetrieben: ein Problemaufriss. In: Institut für Technik der Betriebsführung (Hrsg.), Innovation und Prävention. München: Rainer Hampp, S. 116-120.
7. Ritter, A. & Schulte, A. 2009b, Arbeitsschutzmanagement im Handwerk?, die BG, 5, 252-255.
8. Ritter, A. 2005, Sicherheitskurzgespräche. In: A. Ritter, (Hrsg.), Haufe Arbeitsschutz-Management, 2. Ergänzungslieferung, Gruppe 2, Kap. 3.5.1. Freiburg: Haufe, S. 1-12.
9. Zentralverband des Deutschen Handwerks - ZDH (Hrsg.) 2010, Daten und Fakten. Im Internet verfügbar unter: [www.zdh.de/daten-und-fakten](http://www.zdh.de/daten-und-fakten) (11.1.2010).



# Systemgestaltung durch Kombination mentaler Belastungsanalyse und Blickbewegungsaufzeichnung

Oliver STRÄTER<sup>1</sup>, Servet GÜNEBAK<sup>1</sup> und Sebastian ALLGAIER<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Fachgebiet Arbeits- und Organisationspsychologie, Universität Kassel, Heinrich Plett Str. 40, D-34132 Kassel*

<sup>2</sup> *TUIfly, Benkendorffstraße 22B, D-30855 Langenhagen*

**Kurzfassung:** Die Analyse und Messung aufgabenbezogener mentaler Belastungen ist von immer weiter zunehmender Bedeutung in immer komplexer werdenden technischen Systemen. In einer gemeinsamen Arbeit der TUIfly und des Fachgebiets Arbeits- und Organisationspsychologie der Universität Kassel wurde ein kombiniertes Verfahren einer mentalen Belastungsanalyse und Blickbewegungsaufzeichnung entwickelt. Das Verfahren wurde zur Validierung des Verfahrens ATQP (Alternative Training and Qualification Program) der TUIfly verwendet. Die Ergebnisse legen nahe, das Validierungsverfahren für die Analyse und Bewertung mentaler Belastungen und Beanspruchungen auch in anderen Industrien anzuwenden.

**Schlüsselwörter:** Systemgestaltung, Blickbewegung, mentale Belastung.

## 1. Einleitung

Die Flugindustrie ist seit Bestehen Vorreiter im Umgang mit mentalen Belastungen, da sich diese auf die Handlungszuverlässigkeit der Piloten auswirken und damit - wie in keiner anderen Industrie - direkt auf die Sicherheit des Flugverkehrs. Zur Evaluierung der effektiven und sicheren Interaktion werden beispielsweise so genannte Crew Resource Management (CRM) Verfahren eingesetzt, die in andere Industriezweige (Prozesskontrolle oder Fertigung) übernommen worden sind. Die Auswirkungen von Stressbedingungen (z.B. bedingt durch Störungssituationen) auf die menschliche Handlungssicherheit regelmäßig zu erfassen und zu überprüfen ist im Flugverkehr durch bestehende Regularien, den Joint Aviation Regulations (JAR), festgelegt.

JAR-OPS 1.978 (OPS für Operation) eröffnet den Luftverkehrsgesellschaften die Möglichkeit ein alternatives Trainings- und Qualifizierungsprogramm einzuführen. Wird ein alternatives Programm durch die Luftfahrtbehörde genehmigt, können Überprüfungs- und Schulungsintervalle verlängert und entsprechende Trainingskosten reduziert werden. Die TUIfly hat hier ein neues alternatives Training und Qualifikationsprogramm aufgelegt, in dem auf detaillierter Ebene mentale Belastungen in verschiedenen Störungsszenarien bewertet werden können.

Zur Genehmigung alternativer Trainings- und Qualifizierungsprogramme muss insbesondere gezeigt werden, dass der Erwerb von Fähigkeiten und deren Aufrechterhaltung, und somit die Sicherheit in der Luftfahrt, mindestens in gleicher Weise wie bei der Anwendung traditioneller Trainingssysteme gewährleistet wird (Günebak 2010). Wie im Folgenden gezeigt, sind Blickbewegungsstudien gekoppelt mit der Klassifikation mentaler Belastungen und Beanspruchungen hierfür geeignet.

## 2. Ansatz

Oft werden mentale Belastungen und Beanspruchungen zu global für länger anstehende Arbeitsaufgaben bewertet (innerhalb eines Fahrversuches mit dem Automobil beispielsweise die vollständige Fahrt von A nach B). Hierdurch gehen wesentliche Aussagen dazu verloren, welche spezifischen Belastungen während einer bestimmten Verkehrssituation vorherrschen (z.B. kritische Rechts vor Links Situation). Zur Überprüfung der Wirksamkeit alternativer Trainings und Qualifikationsprogramme muss eine detailliertere Herangehensweise gefunden werden. Ein solches Vorgehen muss zunächst von der theoretischen Seite die Belastungen in sinnvolle Abschnitte unterteilen, welche für sich genommen charakteristische Beanspruchungen auslösen (z.B. ist die Fahrt von A nach B in sinnvolle Belastungsabschnitte zu unterteilen). Bezogen auf die so bestimmten Belastungsabschnitte (Belastungsprofile) können dann Daten bezüglich der spezifischen Beanspruchungen erhoben werden, welche aus den Belastungsprofilen resultieren.

Von theoretischer Seite müssen die Belastungsprofile sinngleiche kognitive Anforderungen zusammenfassen und unterschiedliche kognitive Anforderungen sinnvoll trennen. Nur so gelingt eine valide Zuordnung der Messungen zu den Anforderungen. Sträter & Bubb (2003) haben hierzu den Ansatz der ‚kognitiven Kopplungen‘ vorgestellt, welcher kognitive Belastungen aus systemergonomischen Überlegungen herleitet. Die entstehenden kognitiven Profile können dann dazu genutzt werden, Aufgaben in sinngleiche kognitive Anforderungen zu unterteilen. Bild 1 zeigt, wie dieser Ansatz auf das ATQP Verfahren angewendet wurde.

Flugphase	ATQP	Mentale Belastungen (systemergonomisch erforderliche kognitive Aktivitäten)
	Aufgaben	Bewertungen
Phase 1 Start	:	
Phase 2 80 rotate	3.4.0. ENGINE FAILURE AFTER V1 2.1-2.4 T/O RUN directional control T/O run ... 2.3 crosswind ...	Monitiv (beobachten) Simultan (koordinieren) ...
Phase 3 a) Engine Failure	LATERAL CONTROL during rotation/recovery ... after rotation ...	Aktiv (durchführen) Mehrdimensional (vorstellen) ...
b)	PITCH/SPEED CONTROL initial rotation ... target pitch and speed ...	Aktiv (durchführen) Mehrdimensional (vorstellen) ...
Phase 4 Engine Out	NAVIGATION straight out ... ENG FAIL AFTER V1 (PM) call outs engine fail ...	Aktiv (durchführen) Eindimensional (erwarten) ...

**Abbildung 1:** Flugphasen, ATQP Aufgabenanalyse und sich ergebende mentale Belastungsprofile

Das Bild zeigt die unterschiedlichen Phasen, die sich für das Training eines Triebwerksausfalls (engine failure) ergeben. Auf Phase 1 (Startphase) folgt in Phase 2 das Abheben des Flugzeuges. Unmittelbar nach dem Hochziehen folgt in Phase 3 der

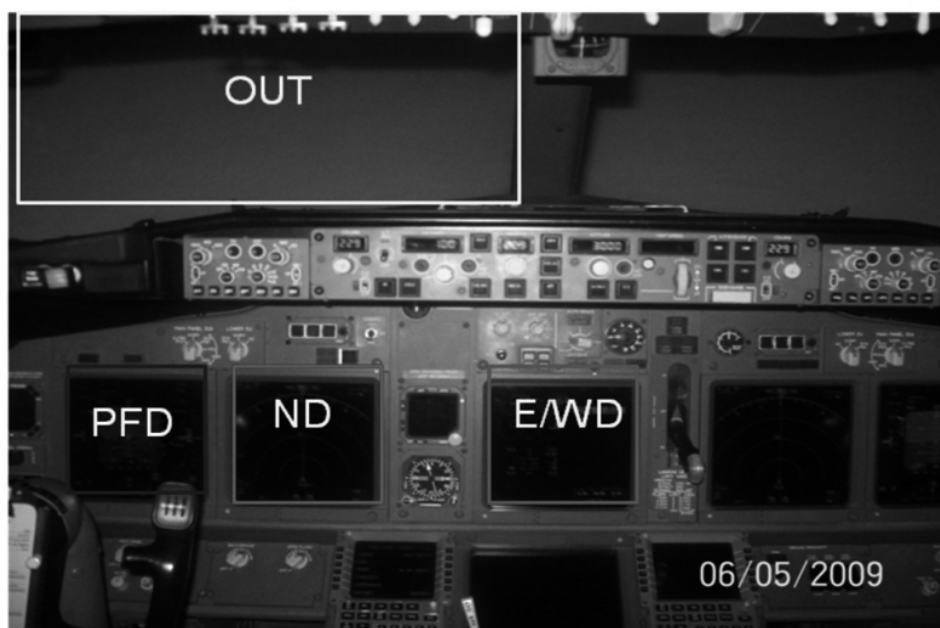
Triebwerksausfall. In Phase 4 muss der Pilot in Zusammenarbeit mit dem nicht fliegenden Pilot (Pilot non flying - PNF) die Art des Triebwerksausfalls identifizieren und die Abarbeitung der entsprechenden Checkliste je nach Art des Triebwerksausfalls durchführen.

Die erfolgreiche Bewältigung des Szenarios wird an spezifischen Leistungsanforderungen, den ATQP Aufgaben, festgemacht werden. Diese werden im Rahmen der regelmäßigen Lizenzierungsprüfungen von Prüfpiloten (Piloten mit entsprechender Prüflizens) bewertet (ATQP Bewertungen). Zur Klassifikation der kognitiven Belastungen, die sich aus den ATQP Aufgaben ergeben, wird die vom Piloten erforderliche kognitive Kopplung analysiert. Beispielsweise sind unterschiedliche kognitive Anforderungen zwischen Phase 1 und Phase 2 zu verzeichnen, da der Pilot aus einer monitiven Haltung in eine aktive Regelung übergehen muss. Indessen sind die Phase 3a (laterale Kontrolle) und Phase 3b (Kontrolle des Drehwinkels) zusammenzufassen, da sie gleiche kognitive Anforderungen stellen.

Der theoretische Ansatz kann validiert werden, indem gezeigt wird, dass die Belastungsprofile systematisch mit den Beanspruchungen (Leistungen oder Fehler) zusammenhängen (siehe Sträter 2005). Um den Zusammenhang aufzuzeigen wurden ATQP Bewertungen, Blickbewegungsdaten und empfundene Beanspruchungen (mit Hilfe des NASA-TLX) korreliert.

### 3. Durchführung

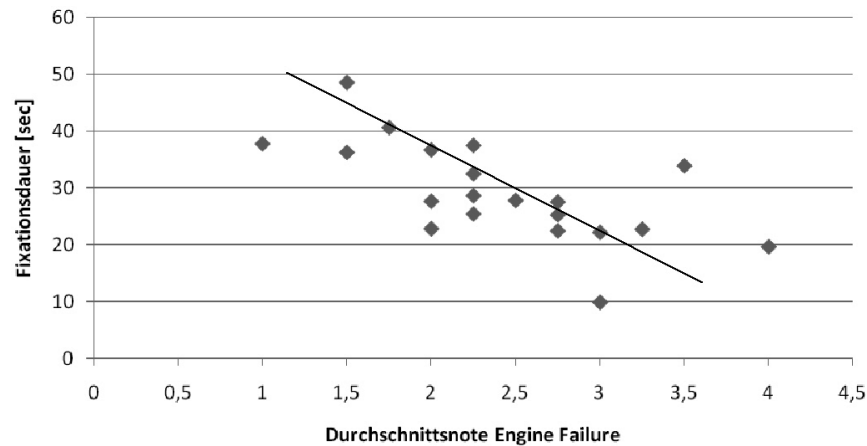
Die Untersuchung der Blickbewegungen erfolgte während der Simulation eines Triebwerksausfalls beim Start. Abbildung 2 zeigt die Bereiche eines Flugzeugcockpits, welche zur Bearbeitung der Aufgabe wesentlich sind. Die wichtigsten Rechner- und Anzeigeeinstrumente im Cockpit sind das Primary Flight Display (PFD), Navigation Display (ND) und das Engine and Warning Display (E/WD). PFD und ND werden übergeordnet als Electronic Flight Instrument System (EFIS) bezeichnet, in welchem die Aufgaben einer Vielzahl von Instrumenten übersichtlich und kompakt zusammengefasst werden. OUT bezeichnet den Sichtbereich.



**Abbildung 2:** Wesentliche Blickbereiche (Areas of Interest) eines Flugzeugcockpits

#### 4. Ergebnisse

Abbildung 3 zeigt das Hauptergebnis der Untersuchung (vollständige Ergebnisse in Günebak 2010). Die Korrelation zwischen der Phase 3 (engine failure) und Blickbewegungssagilität ist eindeutig (12 unterschiedlich erfahrene Piloten jeweils als pilot flying bzw. pilot non-flying): Je agiler das Blickverhalten zwischen den verschiedenen Blickbereichen desto besser die bewertete ATQP Leistung ( $r=-0,65$ ; 0=schlecht bis 5= sehr gut). Insbesondere konnte festgestellt werden, dass der Außenblick (Blickbereich OUT) wesentlich die ATQP Leistung bestimmt. Dieses Ergebnis ist unmittelbar in die Trainingspläne der Piloten der TUIfly eingeflossen.



**Abbildung 3:** Korrelation zwischen Fixationsdauer PFD und Engine Failure

#### 5. Diskussion

Der Beitrag stellt ein kombiniertes Verfahren aus mentaler Belastungsanalyse und Blickbewegungsaufzeichnung vor, welches zur Untersuchung mentaler Beanspruchungen verwendet werden kann. Hierdurch konnte das ATQP Verfahren (Alternative Training and Qualification Program) der TUIfly validiert werden und ein wesentlicher Baustein zur weiteren Erhöhung der Flugsicherheit geschaffen werden.

Neben den gezeigten Ergebnissen aus dem Flugbereich konnte Arenius (2010) analoge Ergebnisse im Schiffsbereich erzielen. Insgesamt bietet es sich an, das Verfahren für die Analyse und Bewertung mentaler Belastungen und Beanspruchungen auch in anderen Industrien anzuwenden.

#### 6. Literatur

1. Arenius, M., Athanassiou, G. & Sträter, O. 2010, Getting the Feeling – “Human Error” in an educational ship handling simulator. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg.), Neue Arbeits- und Lebenswelten gestalten. Dortmund: GfA Press, S. 401-404.
2. Günebak, S. 2010, Untersuchung der Blickbewegungen beim Triebwerksausfall für Piloten der TUIfly, unveröffentlichte Diplomarbeit. Kassel: Universität Kassel, Arbeits- und Organisationspsychologie.
3. Sträter, O. & Bubb, H. 2003, Design of systems in settings with remote access to human performance. In: E. Hollnagel & N. Suparamaniam (Hrsg.), Handbook of Cognitive Task Design. Lawrence Erlbaum: Hillsdale, S. 333-356.
4. Sträter, O. 2005, Cognition and safety - An integrated approach to systems design and performance assessment. Ashgate: Aldershot.

# Kompatibilität von Ratingskalen zur Ermittlung der Lästigkeit arbeitsumgebungsbezogener Belastungsgrößen

Martin SCHÜTTE<sup>1</sup>, Stephan SANDROCK<sup>2</sup> und Barbara GRIEFAHN<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Leibniz Institut für Arbeitsforschung an der TU Dortmund,  
Ardeystraße 67, D-44139 Dortmund*

<sup>2</sup> *Institut für angewandte Arbeitswissenschaft (IfaA),  
Uerdinger Straße 56, D-40474 Düsseldorf*

**Kurzfassung:** Zur Ermittlung des Lästigkeitserlebens hat sich im Lärmbereich eine 5-stufige und bei Geruchsstoffen eine logarithmische Ratingskala etabliert. In zwei Studien wurde geprüft, ob sich die für Geruchsstoffe konzipierte Skala auch bei Lärm einsetzen lässt. Die Ergebnisse zeigen, dass die zwei Lästigkeitsskalen ähnliche Messeigenschaften aufweisen und zwar sowohl bei alleiniger Lärmexposition als auch bei einer während der Geräuscharbeitung zu bearbeitenden Aufgabe.

**Schlüsselwörter:** Lästigkeit, Lärm, Geruch, Ratingskalen, Messeigenschaften.

## 1. Einleitung

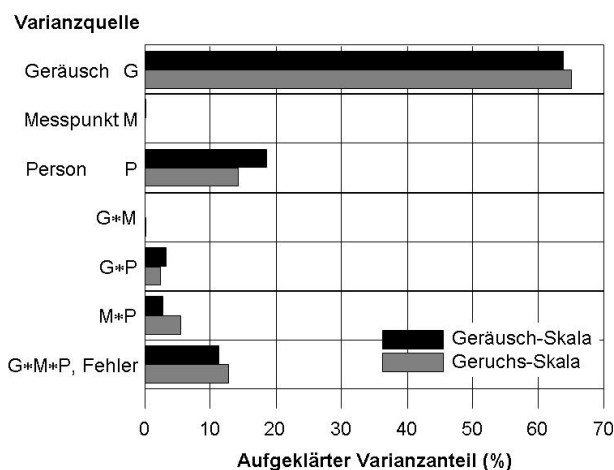
Am Arbeitsplatz auf den Menschen einwirkende Umweltreize werden dann als lästig wahrgenommen, wenn sie die aktuelle Tätigkeitsausführung stören. Die Ermittlung der Ausprägung des Lästigkeitserlebens erfolgt in der Regel über Ratingskalen, wobei sich im Lärmbereich eine international standardisierte 5-stufige Beurteilungsskala und bei Geruchsstoffen eine in Anlehnung an VDI-Richtlinien konstruierte logarithmische Skala durchsetzen konnten. In der Regel treten umweltbezogene Belastungsgrößen jedoch kombiniert auf, wobei bisher kein die entstehende Gesamtlästigkeit zu ermitteln erlaubendes Messinstrument zur Verfügung steht. Daher erscheint es sinnvoll, in einem ersten Schritt zu prüfen, ob sich die speziell für bestimmte Einflüsse (z.B. Geruchsstoffe) konzipierten Methoden auch bei anderen umgebungsbezogenen Belastungsgrößen (etwa Lärm) einsetzen lassen. Die vorliegende Untersuchung zielte dementsprechend auf die Ermittlung der Messeigenschaften der für den Geruchs- und Lärmbereich vorliegenden Lästigkeitsskalen, wobei zunächst interessierte, in welchem Maß beide Verfahren zwischen unterschiedlichen Geräuschpegeln zu trennen erlauben.

## 2. Experimentelle Untersuchungen

Im Rahmen der ersten Studie erfolgte die Präsentation von 9, jeweils um 6 dB(A) voneinander abweichenden, 30 Sekunden dauernden Schallszenarien im Pegelbereich ( $LA_{eq}$ ) zwischen 32 und 80 dB in zufälliger Reihenfolge. Die Probanden hatten direkt nach der Schallexposition ihr Lästigkeitserleben über die zwei Ratingskalen einzuschätzen. Der Versuch wurde nach 1 - 2 Wochen wiederholt, um Aufschluss über die zeitliche Stabilität der Urteile zu erhalten. Insgesamt nahmen 40 Personen - je zur Hälfte Männer und Frauen - im Alter zwischen 18 und 31 Jahren - an dem Ex-



periment teil. Die Ermittlung der Messeigenschaften der Skalen erfolgte auf Grundlage der Generalisierbarkeitstheorie (Brennan 2001), die die Durchführung einer G- und D-Studie verlangt. Die G-Studie versucht möglichst umfassende Informationen über die zur Variation der Messwerte beitragenden Einflussgrößen zu gewinnen. Die D-Studie berücksichtigt die Befunde der G-Studie und gibt für den konkret vorgesehenen Untersuchungszweck einer Messmethode Aufschluss über die optimale, Fehlereinflüsse minimierende Gestaltung des Verfahrenseinsatzes sowie über die Zuverlässigkeit der Messwerte. Die im Rahmen der G-Studie vorgenommene Varianzanalyse behandelt alle drei Einflussgrößen – also den Geräuschpegel, den Messzeitpunkt und die Person – als zufällige Effekte. Die Schätzung der Varianzkomponenten erfolgte auf Basis der Gleichungen zur Bestimmung der erwarteten mittleren Quadratsummen, wobei negative Varianzkomponentenschätzungen auf Null gesetzt wurden. Die Ergebnisse belegen bei beiden Skalen einen bedeutsamen Effekt des Pegels. So gehen mehr als 60 % der Varianz auf diese Facette zurück, was darauf hinweist, dass die Geräusche in ihrer Lästigkeit unterschiedlich beurteilt werden (vgl. Abb. 1).

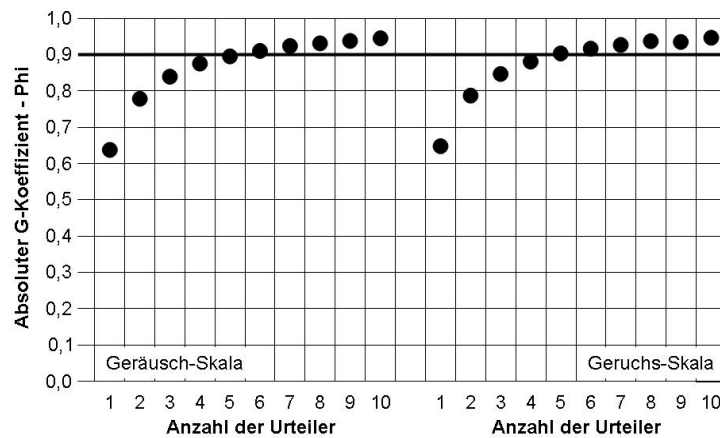


**Abbildung 1:** Varianzaufklärung für die Geräusch- und Geruchs-Skala bei 9 Geräuschpegeln

Die Beurteilungen unterliegen keinen bedeutsamen zeitlichen Veränderungen, da die Facette Messzeitpunkt nur marginale Varianzanteile bindet. Allerdings treten erhebliche interindividuelle Abweichungen in den Ratings auf. So erklärt die Facette Person bei der Geräuschskala knapp 19 % und bei der Geruchsskala gut 14 % der in den Messwerten bestehenden Variabilität. Die Wechselwirkungen binden insgesamt keine substantiellen Varianzanteile bis auf die Interaktion MP, auf die bei der Geruchsskala 5.5 Prozent der Varianz entfallen, d.h. hier wechselt die lästigkeitsbezogene Rangreihe der Personen in Abhängigkeit vom Messzeitpunkt. Die Residualvarianz, die neben der Tripelinteraktion GMP alle weiteren nicht kontrollierten Fehlereinflüsse enthält, liegt bei beiden Skalen mit 11 bzw. 13 % auf einem ähnlichen Niveau. Die im Rahmen der D-Studie zunächst für die Beurteilung eines Geräusches durch eine Person zu einem Messzeitpunkt - also ein einzelnes Rating - bestimmte Zuverlässigkeit unterschreitet mit einem Phi von 0.64 (Geräusch-Skala) bzw. 0.65 (Geruchs-Skala) den nach DIN EN ISO 10075-3 empfohlenen unteren Grenzwert von 0.70. Die Ermittlung der zur Erreichung eines absoluten G-Koeffizienten von  $\geq 0.90$  – wie er für Präzisionsmessungen gefordert wird (DIN EN ISO 10075-3) – notwendigen Maßnahmen basiert auf der Überlegung, dass die Bestimmung der Lästigkeit auf eine einmalige Erhebung (also einen Messzeitpunkt), beschränkt bleiben kann, da die Ra-

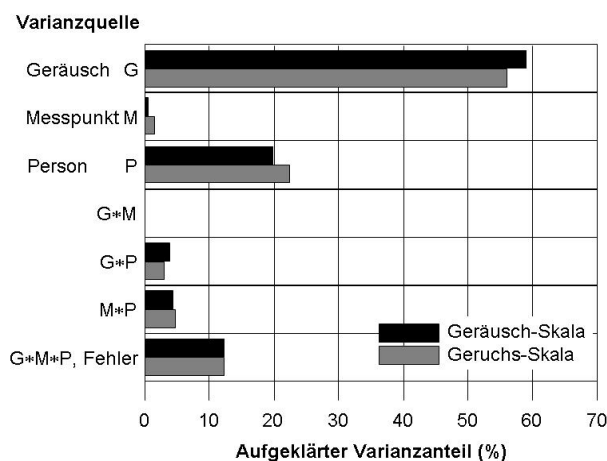


tings zeitstabil sind. Damit lässt sich eine Erhöhung der Reliabilität nur durch eine Vergrößerung der Urteilerzahl herbeiführen. So resultiert der angestrebte Phi-Koeffizient von  $\geq 0.90$  für einen Mittelwert aus den Bewertungen von 6 (Geräusch-Skala) bzw. 5 (Geruchs-Skala) Urteiler (vgl. Abb. 2).



**Abbildung 2:** Größe des Phi-Koeffizienten in Abhängigkeit von der Anzahl der Urteiler

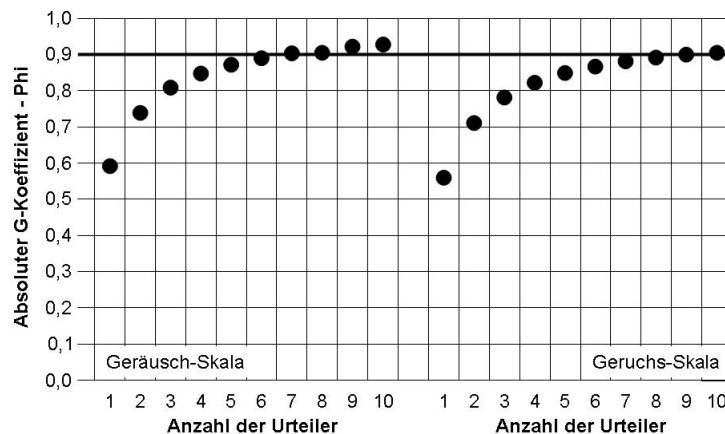
Da allgemein die Lästigkeit mit davon abhängt, ob während der Lärmexposition Aufgaben zu bearbeiten sind, erfolgte – mit derselben Stichprobe von 40 Personen – eine zweite Versuchsreihe, in der von den Probanden während der Geräuschpräsentation der Grammatical Reasoning Test (AGARD 1989) durchzuführen war und zwar unter 5 Schallszenarien mit einer Dauer von jeweils 5 Minuten und einem  $LA_{eq}$  von 32, 44, 56, 68 und 80 dB. Um erneut Aufschluss über die zeitliche Stabilität der Beurteilungen zu erhalten, wurde das Experiment nach 1 bis 2 Wochen repliziert. Die Ergebnisse der 3-faktoriellen Varianzanalyse (Random Modell) sind weitgehend mit denen der ersten Studie vergleichbar (vgl. Abb. 3).



**Abbildung 3:** Varianzaufklärung für die Geräusch- und Geruchs-Skala bei Bearbeitung von GRT-Aufgaben

Der Geräuschpegel erklärt auch hier mit 59 (Geräusch-Skala) bzw. 56 % (Geruchs-Skala) jeweils den größten Varianzanteil. Weiterhin treten – wie die nur sehr kleinen auf den Messzeitpunkt zurückgehenden Effekte zeigen (Geräusch-Skala: 0.54 %, Geruchs-Skala: 1.48 %), keine zeitlichen Veränderungen in den Lästigkeitseinschätzungen auf. Den zweitgrößten Varianzanteil bindet mit 20 (Geräusch-Skala)

bzw. 22 % (Geruchs-Skala) wieder die Facette Person. In den Beurteilungen bestehen somit erhebliche interindividuelle Abweichungen. Die Wechselwirkungen tragen – mit einer Varianzaufklärung insgesamt zwischen 0.00 und 4.72 % - nur unwesentlich zur Variabilität der Messwerte bei. Der Residualvarianzanteil beträgt bei beiden Skalen jeweils 12 %. Der im Rahmen der D-Studie für einen einzelnen Messwert ermittelte Phi-Koeffizient unterschreitet mit 0.59 (Geräusch-Skala) bzw. 0.56 (Geruchs-Skala) erneut den Mindestwert von 0.70 (vgl. Abb. 4). Der für Präzisionsmessungen empfohlene Richtwert von  $\geq 0.90$  stellt sich - wenn die Lästigkeit nur einmal erhoben wird - bei der Geräusch-Skala bei einem Kollektiv von 7 und bei der Geruchs-Skala bei einem Stichprobenumfang von 10 Urteilern ein.



**Abbildung 4:** Größe des Phi-Koeffizienten in Abhängigkeit von der Anzahl der Urteiler für die Geräusch- und Geruchs-Skala bei Bearbeitung von GRT-Aufgaben

### 3. Diskussion

Die Ergebnisse zeigen, dass die zwei Lästigkeitsskalen vergleichbare Messeigenschaften aufweisen und zwar sowohl bei alleiniger Lärmexposition als auch bei einer während der Geräuscharbeitung zu bearbeitenden Aufgabe. Weiterhin ist eine einmalige Ermittlung der Lästigkeit ausreichend. Zuverlässige Lästigkeitseinschätzungen ( $> 0.90$ ) verlangen Stichproben von 5 bis 10 Urteilern. Damit lässt sich die ursprünglich nur zur Erfassung der Lästigkeit von Gerüchen konstruierte Skala auch zur Messung der schallbezogenen Lästigkeit nutzen. Der umgekehrte Beleg, dass die für den Lärmbereich entwickelte Geräusch-Skala auch bei der Bewertung von Geruchsstoffen einsetzbar ist, steht allerdings noch aus.

### 4. Literatur

1. Advisory Group for Aerospace Research and Development (AGARD) 1989, Human performance assessment methods, AGARDograph No. 308. Neuilly sur Seine: NATO.
2. Brennan, R.L. 2001, Generalizability Theory. New York: Springer.
3. DIN EN ISO 10075-3 2004, Ergonomische Grundlagen bezüglich psychischer Arbeitsbelastung – Teil 3: Grundsätze und Anforderungen an Verfahren zur Messung und Erfassung psychischer Arbeitsbelastung. Berlin: Beuth.

## Ein methodenbasierter Ansatz zur Messung von Gelenkmomenten

Fabian GÜNZKOFER, Florian ENGSTLER, Heiner BUBB und Klaus BENGLER

*Lehrstuhl für Ergonomie, Technische Universität München,  
Boltzmannstraße 15, D-85747 Garching*

**Kurzfassung:** Ein großer Anteil an Arbeitsausfallszeiten war und ist auf Erkrankungen des Muskel-Skelett-Systems in Folge der Manipulation zu hoher Lasten zurückzuführen. Zur Ermittlung aufgabenabhängiger Grenzwerte werden in diesem Kontext seit einigen Jahren aufgabenspezifische Kraftreihenmessungen durchgeführt. Diese beinhalten Versuche, in welchen die maximalen Kräfte von Versuchspersonen in bestimmten Aufgabenstellungen wie zum Beispiel beim Ziehen eines Hebels oder beim Anheben einer Kiste bestimmt werden. Eine Einschränkung dieses Ansatzes liegt darin, dass die Haltung, welche hohen Einfluss auf das Kraftvermögen hat, nicht exakt vorgegeben wird. Wird für eine bestimmte Aufgabe eine andere, als die den Messungen zu Grunde liegende, Haltung erforderlich, kann die Maximalkraft nicht mehr zuverlässig prognostiziert werden. Um diese Problematik zu umgehen, wird im Rahmen des EU-Projektes DHErgo ein anderer Ansatz verfolgt. Über gelenkspezifische Maximalkraftmessungen wird der funktionale Zusammenhang zwischen Gelenkmomenten und Gelenkwinkeln ermittelt. So können für eine beliebige Haltung die maximalen Gelenkmomente vorhergesagt werden. In der aktuellen Projektphase werden mit einer geringen Anzahl von Probanden sehr detaillierte Messungen über den gesamten Bewegungsraum des Hüft-, Knie- und Sprunggelenks durchgeführt. Die resultierenden Funktionen werden auf Gesetzmäßigkeiten und Zusammenhänge untersucht, um folgende Messreihen mit einer höheren Anzahl an Probanden bei einer geringeren Anzahl an Messpositionen durchführen zu können

**Schlüsselwörter:** Gelenkmoment, Muskelkraft, Menschmodell, Kraftmodellierung.

### 1. Einleitung

Auch in einer zunehmend automatisierten Arbeitswelt sind hohe physische Belastungen durch das Heben und Tragen von schweren Lasten und ungünstige Rumpfhaltungen noch häufig anzutreffen (Parent-Thirion 2005). Diese sind zusammen mit einer Zunahme an sitzenden Tätigkeiten hauptsächlich für Erkrankungen des Muskel-Skelettapparates verantwortlich (Liebers et al. 2009). Arbeitsunfähigkeitsstatistiken zeigen, dass Erkrankungen des Muskel-Skelettapparates 22% (Kordt 2008) bzw. 26% (BKK 2008) der gesamten Arbeitsunfähigkeitstage verursachen. Weiterhin ist auffällig, dass die Anzahl der Arbeitsunfähigkeitstage im Vergleich zum Vorjahr sogar zugenommen haben (Kordt 2008).

Diese Statistiken sprechen dafür, physische Belastungen am Arbeitsplatz näher zu untersuchen. Neben der Ermittlung der Arbeitskräfte (Belastung) ist es hierzu erfor-

derlich, das individuelle Kraftpotential der Betroffenen zu kennen. Seit vielen Jahren werden aus diesem Grund zur Festlegung von Grenzkraften aufgabenspezifische Kraftmessungen durchgeführt (Rühmann et al. 1992; Wakula et al. 2009). Dieser Ansatz ist vielversprechend für die Bestimmung von Kräften für eine bestimmte Aufgabe in einer bestimmten Haltung. Wird jedoch die Kraftrichtung bzw. die Haltung verändert, kann die Maximalkraft nicht mehr zuverlässig prognostiziert werden. Daher wird am Lehrstuhl für Ergonomie der TU München ein anderer Ansatz verfolgt. Durch gelenkspezifische Kraftmessungen werden Gelenkmoment-Gelenkwinkel-Verläufe ermittelt, womit für beliebige Haltungen das mögliche Gelenkmoment in beliebiger Wirkrichtung prognostiziert werden kann (Schwarz 1997; Seitz et al. 2005). Im Rahmen des EU-Projekts DHErgo wird die gelenkspezifische Kraftmodellierung weiter verfeinert. Biomechanische Einflüsse durch zweigelenkige Muskeln und Muskeln, welche für mehrere Bewegungsrichtungen zuständig sind, werden erfasst und quantifiziert.

Die detaillierte Betrachtung des vollständigen Bewegungsraums mit allen Abhängigkeiten würde einen zu hohen Aufwand bedeuten. Um zukünftige Messungen mit einer geringeren Anzahl an Messstellen bei gleichbleibender Genauigkeit durchführen zu können, wird an Hand weniger Versuchspersonen ein methodenbasierter Ansatz entwickelt. Dieser verfolgt nicht das Ziel, eine repräsentative Datengrundlage zu schaffen, sondern funktionale Zusammenhänge zu identifizieren und die Ermittlung der Kraftverläufe auf Basis einer geringen Anzahl von Messpositionen zu ermöglichen.

## 2. Methode

### 2.1 Experimentelles Design

Im Rahmen des EU-Projekts DHErgo erfolgt in der ersten Phase die Betrachtung der unteren Extremitäten (Hüft-, Knie- und Sprunggelenk).

Zu Beginn des Versuchsdesigns stehen muskuläre Vorüberlegungen zu möglichen Einflüssen aus biartikularen Muskeln. So hat beispielsweise der Hüftwinkel nach theoretischen Überlegungen großen Einfluss auf die Knieflexion, nachdem alle Knieflexoren zweigelenkig sind, d.h. sowohl Hüft- wie auch Kniegelenk überziehen.

Weiterhin wird betrachtet, welche Muskeln für mehrere Bewegungsrichtungen eines Gelenks verantwortlich sind. So ermöglichen beispielsweise die vorderen Anteile der Mm. Glutei medius et minimus sowohl eine Hüftflexion wie auch eine Hüftinnenrotation. Konkret könnte sich dies in einem veränderten Gelenkmoment auswirken, wenn bei der Messung eines Hüftflexionsmoments eine Hüftrotation überlagert wird.

Beispielhaft wird an dieser Stelle die Messung der Hüftflexion näher betrachtet. Es ergibt sich ein Versuchsdesign, bei welchem eine Hüftflexion sequentiell mit einer Hüftabduktion, Hüftrotation und verschiedenen Kniewinkeln überlagert wird. Zur Einstellung von fixen Kniewinkeln wird eine Kniestütze verwendet, die in diskreten Winkelpositionen arretiert werden kann.

Die Vorgehensweise der isometrischen Kraftmessungen erfolgt nach standardisiertem Vorgehen ohne externe Motivation nach der Plateaumethode (Kumar 2004). Hierbei hält die Versuchsperson die Maximalkraft für 4 Sekunden konstant. Aus einem 3 Sekunden Intervall innerhalb des Plateaus wird der Mittelwert gebildet, welcher dem Maximalmoment entspricht. Zwischen den Kraftausübungen wird eine Pause von 2 Minuten vorgesehen. Um Störeinflüsse durch Ermüdung zu vermeiden,

werden pro Versuchstag nicht mehr als 12 Messungen pro Muskelgruppe durchgeführt. Die gewünschten Körperhaltungen werden näherungsweise mit einem Goniometer eingestellt, die Feinauswertung erfolgt über das Bewegungserfassungssystem Vicon MX10. Hierfür werden die Versuchspersonen mit reflektierenden Markern an ausgewählten anatomischen Landmarkern präpariert. Entscheidend für die korrekte Aufnahme der Momente ist eine kongruente Ausrichtung der anatomischen Drehachse des jeweiligen Gelenks und der Drehachse des Drehmomentensensors. Dies erfolgt durch eine höhenverstellbare Standfläche und eine tiefenverstellbare Rückenlehne der Hüftmaschine (siehe Abbildung 1).



**Abbildung 1:** Hüftflexionsmessung eines Probanden mit angelegter Kniestütze

Insgesamt ergeben sich für die Gelenke der unteren Extremitäten pro Versuchsperson 330 Messpositionen mit jeweils zwei Wiederholungen. Für die Aufstellung des methodenbasierten Ansatzes werden vier moderat sportliche Personen ohne körperliche Beschwerden vermessen (Alter:  $28 \pm 1$  Jahre, Körperhöhe:  $182 \pm 4$  cm, Gewicht:  $78 \pm 12$  kg).

## 2.2 Versuchsablauf

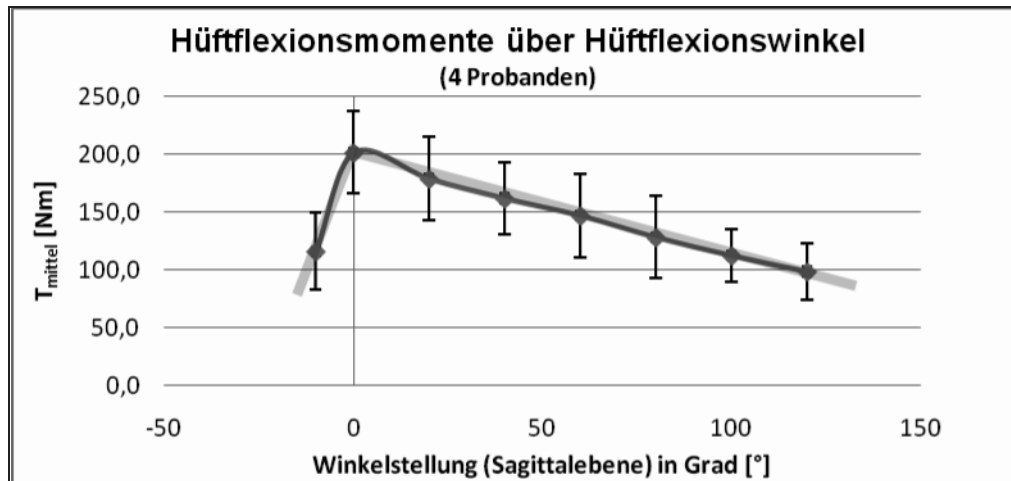
Nachdem der Proband mit Markern beklebt wurde, erfolgt ein Aufwärmprogramm zur Verletzungsprävention bestehend aus 15 Minuten Crosstrainer und einer muskelspezifischen Aufwärmeinheit mit Therabändern. Vor der eigentlichen Messung absolviert die Versuchsperson Probemessungen, um sich mit den Messhaltungen und der Plateaumethode vertraut zu machen. Die eigentlichen Messungen beginnen jeweils, nachdem der Versuchsleiter langsam von drei beginnend rückwärts gezählt hat. Das Versuchsende wird durch ein akustisches Signal verdeutlicht.

## 3. Ergebnisse

Die Erstellung der Gelenkmoment-Gelenkwinkel-Kurve für eine reine Hüftflexion



entsteht durch die Vermessung von acht über den Bewegungsraum verteilten Flexionswinkeln. Eine aufrecht stehende Haltung wird als neutraler Flexionswinkel von null Grad definiert. Eine Extension entspricht einem negativen Flexionswinkel. Abbildung 2 zeigt, dass alle Probanden ähnliches Verhalten im Sinne eines auf- und absteigenden Astes zeigen.



**Abbildung 2:** Ableitung eines methodenbasierten Ansatzes für Hüftflexionsmomente

Es ist ersichtlich, dass eine Annäherung durch zwei Geraden ausreichend ist, um den gesamten funktionalen Verlauf zu beschreiben. Da das Maximum bei allen Probanden bei einem Hüftflexionswinkel von 0 Grad auftritt, wird diese Messstelle weiterhin beibehalten. Die weiteren Punkte werden jeweils bei 80% des maximalen Bewegungsraumes der Flexion und Extension gemessen.

Somit ist es möglich, durch lediglich drei Messstellen den Verlauf des Hüftflexionsmoments über dem Hüftflexionswinkel zu prognostizieren. Das beschriebene Vorgehen wurde analog für die Entwicklung eines entsprechenden methodenbasierten Ansatzes für alle Gelenke der unteren Extremitäten durchgeführt.

#### 4. Literatur

1. BKK Gesundheitsreport 2008. Essen: BKK Bundesverband.
2. Kordt, M. 2008, DAK Gesundheitsreport 2008. Hamburg: DAK Forschung.
3. Kumar, Shrawan 2004, Muscle strength. Boca Raton: CRC Press.
4. Liebers, F. & Caffier, G. 2009, Berufsspezifische Arbeitsunfähigkeit durch Muskel-Skelett-Erkrankungen in Deutschland, Forschung Projekt F 1996. Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin.
5. Parent-Thirion, A. 2005, Fourth European working conditions survey. Im Internet verfügbar unter: <http://www.eurofound.europa.eu/pubdocs/2006/98/en/2/ef0698en.pdf>.
6. Rühmann, H. 1992, Körperkräfte des Menschen. Perzentilierung isometrischer Maximalkräfte sowie Ausdauer und Beanspruchung bei konzentrischer und exzentrischer Muskelarbeit; Kolloquium des Lehrstuhls für Ergonomie der Technischen Universität München zum HdA-Projekt "Körperkräfte des Menschen Teil II". Köln: O. Schmidt.
7. Schwarz, W. 1997, 3D-Video-Belastungsanalyse. Ein neuer Ansatz zur Kraft- und Haltungsanalyse, Fortschritt-Berichte VDI-Reihe 17, Biotechnik/Medizintechnik. Düsseldorf: VDI-Verlag.
8. Seitz, T., Recluta, D., Zimmermann, D. & Wirsching, H.-J. 2005, FOCOPP - An approach for a human posture prediction model using internal/external forces and discomfort. In: Proceedings of the SAE DHMC (Digital Human Modeling Conference), H. SAE 2005-01-2694.
9. Wakula, J., Berg, K., Schaub, K., Glitsch, U., Ellegast, R. & Bruder, R. 2009, Der montagespezifische Kraftatlas, BGIA-Report 2009, Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung.



## **Arbeitszeit**



## Gefährdungsbeurteilung anhand von Merkmalen der Arbeitszeit

Ole DITTMAR, Carsten SCHOMANN und Friedhelm NACHREINER

GAWO e.V.,  
*Achterdiek 50, D-26131 Oldenburg*

**Kurzfassung:** Im Rahmen eines im Oktober 2009 abgeschlossenen INQA-Projektes wurden Modelle und Instrumente zur Einschätzung des Risikos für physische und psychosoziale Beeinträchtigungen durch unterschiedliche Merkmale der Arbeitszeiten entwickelt. Dabei werden die Risiken für bestimmte Beeinträchtigungen lediglich aus den konkreten Merkmalen des Arbeitszeitsystems prognostiziert. Mit Hilfe logistischer Regressionsanalysen wurden dazu Prädiktionsmodelle entwickelt, welche eine Abschätzung des Risikos für Schlafbeschwerden, Magen-Darm-Beschwerden und die eingeschränkte Teilhabe am sozialen Leben erlauben. Die darauf basierenden Instrumente sollen auch Nicht-Fachleuten zugänglich gemacht werden, um auch diesem Personenkreis eine Beurteilung der Gestaltungsgüte bzw. -defizite von Arbeitszeitsystemen zu ermöglichen.

**Schlüsselwörter:** Gefährdungsbeurteilung, Arbeitszeit, Risiko Schichtarbeit.

### 1. Einleitung

Schichtarbeit ist aus der heutigen Arbeitswelt nicht wegzudenken und der Anteil an flexiblen Arbeitszeiten nimmt aus unterschiedlichsten Gründen immer weiter zu. Das mit solchen von der Normalarbeitszeit abweichenden Arbeitszeitmodellen verbundene Risiko für gesundheitliche und psychosoziale Beeinträchtigungen wurde in der Vergangenheit durch unterschiedliche Untersuchungen (vgl. Rutenfranz et al. 1982; Nachreiner 1984; Folkard 1996; Costa et al. 2006; Giebel et al. 2004, 2008; Wirtz et al. 2008) belegt. Dabei lässt sich nachweisen, dass bestimmte Merkmale der Arbeitszeit, wenn sie ungünstig ausgeprägt sind, einen negativen Einfluss auf die Gesundheit und das Wohlbefinden haben. In dieser Untersuchung wird daher der Versuch unternommen, über solche generellen Aussagen des Zusammenhangs hinauszugehen und zu genaueren Schätzungen des Beeinträchtigungsrisikos zu gelangen. Zur Vorhersage des Risikos solcher gesundheitlicher und sozialer Beeinträchtigungen auf der Basis der Ausprägung bestimmter Merkmale der Arbeitszeit lassen sich logistische Regressionsmodelle (mit dem Auftreten der Beeinträchtigung als 0/1 codiertem Merkmal) verwenden. Ein Vorteil dieses Vorgehens besteht darin, dass die Wahrscheinlichkeit des Auftretens für bestimmte Beeinträchtigungen geschätzt werden kann und die relevanten Merkmale der Arbeitszeit inklusive ihrer Gewichtung in einem Regressionsmodell darstellbar sind. Zu diesem Zweck sollten zunächst logistische Regressionsmodelle für das Auftreten von Schlafbeschwerden, gastrointestinalen Beschwerden und die Einschränkung der sozialen Teilhabe entwickelt werden.

## 2. Methode

Die Datenbasis bildet eine Umfrage zu flexiblen Arbeitszeiten aus dem Jahre 2004 von Janßen und Nachreiner. Dieser Datensatz enthält die konkreten Arbeitszeiten und die von den Beschäftigten subjektiv eingeschätzten Beeinträchtigungen. Von den insgesamt 1188 ausgefüllten Fragebögen konnten jene 577 für diese Untersuchung verwendet werden, welche sowohl ihre Arbeitszeiten über einen Zeitraum von 4 Wochen und zudem die Einschätzung der Beeinträchtigungen komplett ausgefüllt hatten.

In einem ersten Schritt wurden Korrelationsanalysen durchgeführt, um einen groben Überblick über die bestehende Zusammenhänge zu erhalten. Darauf aufbauend wurden mit den Variablen, welche sich bei den Korrelationsanalysen als bedeutsam herausgestellt hatten, logistische Regressionsanalysen berechnet. Dazu wurden die abhängigen Variablen dichotomisiert, wobei die Angaben „oft“ und „immer“ zusammengefasst als 1, d.h. Beeinträchtigung vorhanden, codiert wurden. Damit sollten nur von ihrer Häufigkeit bedeutsame Beeinträchtigungen berücksichtigt werden. Um die Validität der so entwickelten Modelle zu überprüfen, wurde der Datensatz in zwei Hälften aufgeteilt und für jede Hälfte getrennt ein Regressions-Modell berechnet. Korreliert man nun in beiden Teilstichproben die auf der Basis des Prognosemodells aus der anderen Teilstichprobe vorhergesagten Werte mit den tatsächlichen Werten, lässt sich eine Aussage über die erreichte Modellgüte treffen. Am Beispiel der Schlafbeschwerden soll hier exemplarisch die Entwicklung und Überprüfung der Regressionsmodelle vorgestellt werden

## 3. Ergebnisse

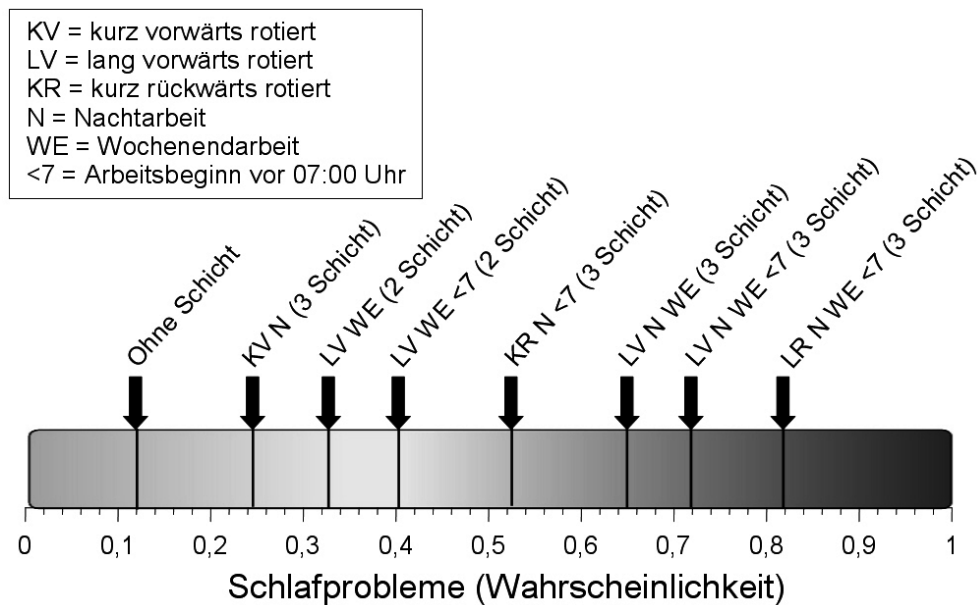
Tabelle 1 zeigt das entwickelte Regressionsmodell für die Schlafbeschwerden. Mit einem  $R^2 = 0,197$  kann damit ca. 20 % der Varianz in den (schwerwiegenden) Schlafbeschwerden (auf individueller Ebene!) anhand der ausgewählten Arbeitszeit-Merkmale aufgeklärt werden.

**Tabelle 1:** Logistische Regression für das Auftreten von Schlafproblemen

Schlafprobleme	B	Exp(B)	Sign.	95% K-Intervall	
				Unterer Wert	Oberer Wert
Arbeit an Wochenenden	,111	1,117	,001	1,055	1,183
Schichtrotation - lang	,456	1,578	,177	,813	3,064
Schichtrotation - rückwärts	,662	1,938	,003	1,244	3,018
Früher Arbeitsbeginn (vor 7 Uhr)	,246	1,278	,001	1,100	1,486
Anteil an Nachtarbeit	1,938	6,944	,047	1,029	46,850
Konstante	-1,948	,143	,001		

$R^2 = .197$

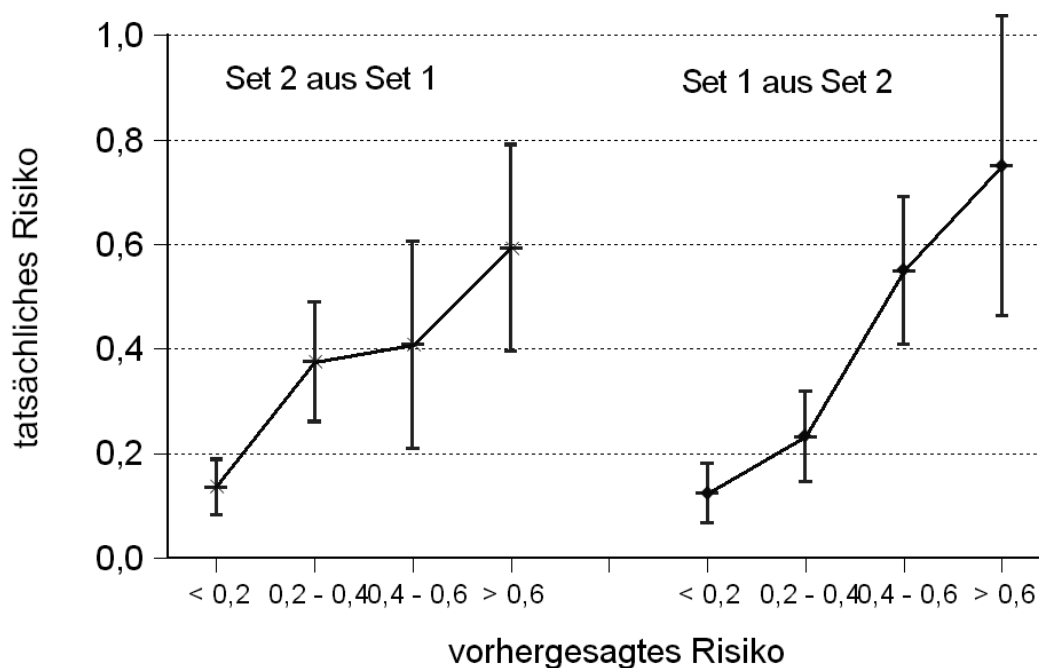
Wendet man dieses Regressionsmodell auf vorliegende oder geplante Arbeitszeitmodelle an, lässt sich für diese Arbeitszeitmodelle das Risiko von Schlafstörungen abschätzen, wie in Abbildung 1 dargestellt.



**Abbildung 1:** Wahrscheinlichkeit von Schlafproblemen unter unterschiedlichen Schichtsystemen

Wie man in Abbildung 1 erkennt, ergibt sich aufgrund des berechneten Modells eine aus arbeitswissenschaftlicher Perspektive in der Reihenfolge völlig plausible und mit den vorliegenden arbeitswissenschaftlichen Empfehlungen konsistente Einstufung unterschiedlicher Schichtmodelle, mit hinreichender Differenzierung und einer quantitativen Bestimmung des Risikos.

Abbildung 2 zeigt das Ergebnis der Kreuzvalidierung (Vorhersage der Werte der einen Teilstichprobe auf der Basis des Prädiktionsmodells aus der jeweils anderen Teilstichprobe) anhand aggregierter Werte (Klassenbreite siehe vorhergesagtes Risiko). In Anbetracht der Stichprobengröße kann hier von einer ausgesprochen guten Übereinstimmung und somit einer für den vorgesehenen Zweck angemessenen Prädiktionsgüte gesprochen werden ( $r_{12} = .939$ ,  $r_{21} = .924$ ).



**Abbildung 2:** Vorhersageübereinstimmung in der Kreuzvalidierung

Abbildung 2 zeigt damit sehr deutlich, dass die Vorhersagemodelle, welche sich aus den Ergebnissen der logistischen Regressionsanalysen ergeben, eine valide Prognose gravierender Schlafstörungen unter bestimmten Schichtsystemen erlauben, und zwar insbesondere, wenn dabei von individuellen Varianzen abgesehen wird, wie hier durch die Behandlung der Daten auf aggregiertem Niveau.

#### 4. Diskussion und Schlussfolgerungen

Mithilfe von logistischen Regressionsanalysen ist es damit offensichtlich möglich Modelle für die Beurteilung der mit bestimmten Arbeitszeitregelungen verbundenen Risiken für gesundheitliche und psychosoziale Beeinträchtigungen, zu entwickeln. Solche Modelle können im Kontext der gesetzlich geforderten Gefährdungsbeurteilung genutzt werden, um Praktikern zu helfen, das Risiko für bestimmte, sich aus den Arbeitszeiten ergebende Beeinträchtigungen einzuschätzen und gleichzeitig Hinweise auf zielführende Interventionsmöglichkeiten zu geben.

Ein Nachteil dieser logistischen Regressionsmodelle besteht allerdings darin, dass einige Merkmale der Arbeitszeit, die zwar durchaus mit den Beeinträchtigungen zusammenhängen, bei der Modellbildung unberücksichtigt bleiben, da sie im Regressionsmodell keinen zusätzlichen Beitrag zur Varianzaufklärung mehr liefern und deswegen nicht in die Gleichung aufgenommen werden. Wie diese Merkmale dennoch bei der Bewertung und Intervention mit berücksichtigt werden können, muss in weiteren Studien noch abgeklärt werden. Zudem erscheint es sinnvoll, die Modelle an weiteren Stichproben kontinuierlich weiter zu verbessern und zu validieren, wofür weitere adäquate Datensätze wünschenswert wären. Wünschenswert wäre auch eine Ausweitung der prognostizierten Beeinträchtigungen auf weitere und spezifischere Beeinträchtigungen, für die bisher noch keine Modelle entwickelt werden konnten. Dabei sollten diese Risiko-Modelle in Zukunft noch weiter ausgebaut werden, um u.a. auch Aspekte wie z.B. die Dynamik der Arbeitszeit besser berücksichtigen zu können. Bis dahin können jedoch schon einmal die bisher entwickelten Modelle in auch für Praktiker praktikable Instrumente umgesetzt werden.

#### 5. Literatur

1. Costa, G., Sartori, S. & Akerstedt, T. 2006, Influence of flexibility and variability of working hours on health and well being, *Chronobiology International*, 23, 1125-1137.
2. Folkard S. 1996, Biological disruption in shiftworkers. In: W.P. Colquhoun, G. Costa, S. Folkard & P. Knauth 1996, *Shiftwork: problems and solutions* Frankfurt am Main: Lang, S. 29-61.
3. Giebel, O., Janssen, D., Schomann, C. & Nachreiner, F. 2004, A new approach for evaluating flexible working hours, *Chronobiology International*, 21, 1015-1024.
4. Giebel, O., Wirtz, A. & Nachreiner, F. 2008, The interference of flexible working times with the circadian temperature rhythm - a predictor of impairment to health and well-being?, *Chronobiology International*, 25, 263-270.
5. Nachreiner, F. 1984, Psychologische Probleme der Arbeitszeit – Schichtarbeit und ihre psychosozialen Konsequenzen, *Universitas*, 39, 349-356.
6. Rutenfranz, J. & Knauth, P. 1982, *Schichtarbeit und Nachtarbeit: Probleme – Formen – Empfehlungen*. München: Bayerisches Staatsministerium für Arbeit und Sozialordnung.
7. Wirtz, A., Giebel, O., Schomann, C. & Nachreiner, F. 2008, The interference of flexible working times with the utility of time – a predictor of social impairment?, *Chronobiology International*, 25, 249-261.



# Zur prognostischen Validität des Fatigue und Risk Indexes (FRI) zur Vorhersage von gesundheitlichen Beeinträchtigungen und Sicherheitsrisiken aus den Arbeitszeiten

Jana GREUBEL, Friedhelm NACHREINER und Ole DITTMAR

*Gesellschaft für Arbeits-, Wirtschafts- und  
Organisationspsychologische Forschung (GAWO) e.V.,  
Achterdiek 50, D-26131 Oldenburg*

**Kurzfassung:** Es wurde untersucht, inwieweit sich der FRI zum Einsatz innerhalb der gesetzlich vorgeschriebenen Gefährdungsbeurteilung eignet, d.h. inwieweit er in der Lage ist, die von der Gestaltung der Arbeitszeit ausgehenden Gesundheits- und Sicherheitsrisiken zu prognostizieren. Insgesamt waren die gefundenen Zusammenhänge zwischen FRI und gesundheitlichen Beschwerden bzw. Arbeitsunfällen eher moderat. Aus diesem Grund kann der Einsatz des FRI innerhalb der Gefährdungsbeurteilung zunächst noch nicht empfohlen werden.

**Schlüsselwörter:** Gefährdungsbeurteilung, Arbeitszeit, Schichtarbeit.

## 1. Einleitung

Die in Deutschland gesetzlich vorgeschriebene Gefährdungsbeurteilung (ArbSchG § 5) beinhaltet auch die Forderung nach einer Abschätzung der sich aus der Gestaltung der Arbeitszeit ergebenden Gesundheits- und Sicherheitsrisiken. In der Praxis erfolgt eine solche Abschätzung in Anbetracht der gegebenen Komplexität und mangels geeigneter Instrumente jedoch nur selten. Im Rahmen eines Forschungsprojektes zur Prognose arbeitszeitbedingter Gesundheits- und Sicherheitsrisiken wurde deshalb untersucht, inwieweit sich der FRI (Spencer et al., 2006; Folkard et al. 2007), der unter <http://www.hse.gov.uk/research/rrhtm/rr446.htm> im Internet kostenlos verfügbar ist, für eine solche Abschätzung eignet. Konkret wurde dabei der Frage nachgegangen, inwieweit der Fatigue Index (FI) und der Risk Index (RI) in der Lage sind, aus den tatsächlichen Arbeitszeiten gesundheitliche Beschwerden und Arbeitsunfälle vorherzusagen.

Sowohl der FI als auch der RI werden auf Basis des Arbeitsbeginns und –endes jeder Schicht einer Schichtfolge berechnet. Während der RI das relative Unfallrisiko (u.a. auch für eine Schicht innerhalb eines Schichtsystems oder einer Schichtfolge) ausdrückt, gibt der FI den Prozentsatz der Personen an, welche auf der Karolinska Sleepiness Scale (KSS, Åkerstedt & Gillberg 1990; Kaida et al. 2006) einen Wert  $\geq 7$  erhalten würden. Ein solcher Wert  $\geq 7$  auf der KSS geht nicht nur mit erhöhter subjektiver Schläfrigkeit, sondern auch mit einem erhöhten Risiko für Sekundenschlaf einher. Das von den Autoren gewählte Referenzschichtsystem ist ein TTNNRRRR Schichtsystem mit 12 h Schichten (Spencer et al. 2006); es führt zu einem RI von 1.0 und einem FI von 20.7.

## 2. Methode

Die untersuchte Stichprobe von  $n = 458$  Personen setzt sich aus zwei Datensätzen zusammen: Daten aus einer Internetbefragung zur Arbeitszeit und Gesundheit ([http://www.unipark.de/uc/arbeitszeit\\_und\\_gesundheit](http://www.unipark.de/uc/arbeitszeit_und_gesundheit)) und Daten aus einer Umfrage zu flexiblen Arbeitszeiten (Janßen & Nachreiner 2004). Von der Internetbefragung gingen alle  $n = 337$  Personen in die Stichprobe ein, wohingegen von der Umfrage zu flexiblen Arbeitszeiten nur die  $n = 121$  Personen berücksichtigt wurden, welche im Schichtbetrieb arbeiteten.

Aus den in beiden Datensätzen enthaltenen Arbeitszeitaufzeichnungen über vier Wochen hinweg, wurden jeweils Maxima, Mittelwerte, Varianz und Faktorenwerte des FI und des RI berechnet. Der Zusammenhang zwischen diesen Index-Parametern und den abhängigen Variablen (Vorhandensein eines Arbeitsunfalls im letzten Jahr vor Ausfüllen des Fragebogens (nur in der Internetbefragung verfügbar); Häufigkeit von 17 gesundheitlichen Beschwerden) wurde sowohl mittels nichtparametrischer Korrelationsanalysen als auch über logistische und multiple Regressionsanalysen hergestellt. Um  $\phi$ -Korrelationen berechnen zu können war es notwendig, die Index-Parameter zu dichotomisieren. Dies geschah anhand der Bezugswerte  $FI = 20.7$  und  $RI = 1.0$ , welche das Referenzschichtsystem liefert.

## 3. Ergebnisse

Auffallend waren die starken Abweichungen aller Index-Parameter – vor allem jedoch der Parameter des RI – von der Normalverteilung sowie die geringe Varianz sämtlicher RI-Parameter (vgl. Tabelle 1).

**Tabelle 1:** Verteilungen der Parameter des FRI

	$\bar{x}$	$\sigma$	$x_{\min}$	$x_{\max}$	Schiefe	Exzess
$FI_{\max}$	22.13	.71	2.09	62.30	.78	-.81
$FI_{\text{mittel}}$	10.35	.34	1.51	58.15	1.90	5.76
$FI_{\text{var}}$	80.35	5.56	.13	530.46	1.62	1.63
$RI_{\max}$	1.18	.02	.74	3.78	3.36	15.28
$RI_{\text{mittel}}$	.90	.01	.70	2.35	3.98	24.49
$RI_{\text{var}}$	.03	.00	.00	.70	5.95	40.88

Wie erwartet waren die nichtparametrischen Korrelationen (Kendall  $\tau_b$ ) der Index-Parameter untereinander, innerhalb eines Indexes recht hoch (zwischen .63 und .89), zwischen den Indices jedoch eher moderat (zwischen .42 und .52). Daher erschien es sinnvoll mittels Faktorenanalyse die FI-Komponente von der RI-Komponente zu trennen. Eine Hauptachsenanalyse lieferte zwei unabhängige Faktoren mit Eigenwerten  $>1$  ( $R^2 = 87.47\%$ ) wobei nach der Varimax-Rotation die RI-Parameter auf den ersten und die FI-Parameter auf den zweiten Faktor luden.

Die korrelativen Zusammenhänge zwischen den Index-Parametern und dem Vorhandensein eines Arbeitsunfalls waren niedrig bis moderat (vgl. Tabelle 2).

Wie die schrittweisen logistischen Regressionsanalysen zeigten, ist auch die Vorhersage von Arbeitsunfällen durch die Index-Parameter nur sehr eingeschränkt möglich. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass sich lediglich der  $FI_{\max}$  ( $OR = 1.04$ ;

$p < .01$ ; Nagelkerks  $R^2 = .07$ ) bzw. der  $FI_{\text{Faktor}}$  ( $OR = 1,90$ ;  $p < .01$ ; Nagelkerks  $R^2 = .07$ ) als Prädiktoren eignen und in beschränktem Umfang in der Lage sind, das Auftreten von Arbeitsunfällen zu prognostizieren.

**Tabelle 2:**  $\phi$ -Korrelationen zwischen dem FRI und Arbeitsunfällen ( $n=337$ )

	$FI_{\text{max}}$	$FI_{\text{mittel}}$	$RI_{\text{max}}$	$RI_{\text{mittel}}$
$\phi$	.14(**)	.22(**)	.10	.21(**)

(\*\*)  $p < 0.01$

Von den untersuchten gesundheitlichen Beschwerden wiesen lediglich „Schlafstörungen“, „Aufstossen / Sodbrennen“ sowie „Magenbeschwerden“ durchweg signifikante – jedoch in der Höhe lediglich moderate – Korrelationen mit den Indices auf (max.  $r_b = .19$  zwischen dem  $FI_{\text{Faktor}}$  und „Schlafstörungen“). Auffallend war dabei, dass bei den unfaktorierten Index-Parametern die Korrelationen für die FI-Parameter durchweg höher ausfielen als für die RI-Parameter. Diese Tendenz wurde bei Betrachtung der Korrelationen mit den Faktorenwerten der Indices noch deutlicher. Während der  $FI_{\text{Faktor}}$  ausser zu den drei oben erwähnten Beschwerden auch zu „Pochen und Pulsieren in den Adern“ sowie „Gliederschmerzen / Erkältungskrankheiten“ signifikante Korrelationen in niedriger bis moderater Höhe aufwies, korrelierte der  $RI_{\text{Faktor}}$  mit keiner der untersuchten gesundheitlichen Beschwerden.

Bei Betrachtung der Ergebnisse der schrittweisen multiplen Regressionen zur Vorhersage der gesundheitlichen Beschwerden mit Hilfe der Indices zeigte sich ein ähnliches Bild. Signifikante Prognosemodelle ergaben sich lediglich für „Schlafstörungen“ ( $\beta_{FI\text{-Faktor}} = .25$ ;  $p < .01$ ;  $R^2 = .06$ ), „Verspannungen / Rückenprobleme“ ( $\beta_{FI\text{-Faktor}} = .10$ ,  $p < .05$ ;  $R^2 = .01$ ) sowie „Magenprobleme“ ( $\beta_{FI\text{-Faktor}} = .09$ ;  $p < .05$ ,  $R^2 = .01$ ); in allen drei Fällen wurde der  $FI_{\text{Faktor}}$  und nicht der  $RI_{\text{Faktor}}$  als Prädiktor herangezogen.

#### 4. Schlussfolgerungen

Die gefundenen Zusammenhänge zwischen dem FRI und den Auftreten von Arbeitsunfällen bzw. den untersuchten gesundheitlichen Beschwerden waren insgesamt eher moderat. Berücksichtigt werden sollte dabei jedoch, dass in der vorliegenden Studie der Einfluss weiterer für Gesundheits- und Sicherheitsrisiken relevanter Faktoren neben der Arbeitszeit (vgl. Folkard & Lombardi 2004) nicht kontrolliert werden konnte (z.B. das jeweilige Grundrisiko unterschiedlicher Tätigkeiten). Außerdem ist zu bedenken, dass sich die vorliegenden Analysen lediglich auf individuelle Daten beziehen. Da es sich bei Unfällen jedoch um statistisch seltene Ereignisse handelt, sollten Risikovorhersagen zur Kontrolle zufälliger (individueller und situativer) Varianz idealerweise auf aggregierten und nicht auf individuellen Daten beruhen. Möglicherweise könnten auf diesem Weg auch für den FRI höhere Validitäten erzielt werden. Dies sollte unbedingt geprüft werden.

Den Erwartungen entsprechend war der FI in der Lage, Schlafstörungen bis zu einem gewissen Grade zu prognostizieren. Dasselbe gilt für weitere gesundheitliche Beschwerden, welche in einem Zusammenhang mit der circadianen Rhythmik stehen (z.B. Magenbeschwerden).

Entgegen der Vermutungen war es jedoch auch der FI, und nicht der RI, welcher in gewissem Umfang als Prädiktor für das Auftreten von Arbeitsunfällen geeignet ist.

Dies mag teilweise auf die eingangs erwähnten Verteilungsprobleme der RI-Parameter zurückführbar sein, z.B. auf die geringe Varianz welche zwangsläufig eine geringe Kovarianz mit den Kriterien zur Folge hat. Bezogen auf die Fähigkeit des FI Arbeitsunfälle in einem begrenztem Umfang vorherzusagen, könnte eine Erklärungsmöglichkeit darin bestehen, dass es sich hierbei um einen Zusammenhang mit Unfällen handelt, welche auf Müdigkeit oder Schläfrigkeit zurückzuführen sind. Die Tatsache, dass diese Unfälle nur einen Teil des gesamten Unfallgeschehens darstellen, ist damit eine mögliche Erklärung für die nur begrenzte Höhe der gefundenen Beziehung.

Die insgesamt eher moderaten Zusammenhänge, welche in der vorliegenden Studie gefunden wurden, lassen es zurzeit noch nicht zu, den FRI zum Einsatz im Rahmen der gesetzlich vorgeschriebenen Gefährdungsbeurteilung zu empfehlen. Als zusätzliches Instrument bei der (Um-)Gestaltung von Schichtplänen oder der Beurteilung der Qualität der Arbeitszeit kann der FRI jedoch gute Dienste leisten.

## 5. Literatur

1. Åkerstedt, T. & Gillberg, M. 1990, Subjective and objective sleepiness in the active individual, *International Journal of Neuroscience*, 52, 29-37.
2. Folkard, S. & Lombardi, D. 2004, Designing safer shift systems. In: P. Nickel, K. Hänecke, M. Schütte, Grzech-Sukalo H. (Hrsg.), *Aspekte der Arbeitspsychologie in Wissenschaft und Praxis*. Lengerich: Pabst, S. 151-166.
3. Folkard, S., Robertson, K. & Spencer, M. 2007, A Fatigue/Risk Index to assess work schedules, *Somnologie*, 11, 177-185.
4. Janßen, D. & Nachreiner, F. 2004, *Flexible Arbeitszeiten*, Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Fb 1025. Bremerhaven: Wirtschafstverlag NW.
5. Kaida, K., Takahashi, M., Åkerstedt, T., Nakata, A., Otsuka, Y., Haratani, T. & Fukasawa, K. 2006, Validation of the karolinska sleepiness scale against performance and EEG variables, *Clinical Neuroscience*, 117, 1574-1581.
6. Spencer, M., Robertson, K. & Folkard, S. 2006, The development of a fatigue / risk index for shift-workers. Health and Safety Executive Report no 446. Im Internet verfügbar unter: [www.hse.gov.uk/research/rrhtm/rr446.htm](http://www.hse.gov.uk/research/rrhtm/rr446.htm) [8.1.2010]

# e-Shift-Design - Praxishilfe zur anforderungsgerechten und ergonomischen Schichtplanung

Frank LENNINGS<sup>1</sup>, Klaus HÖFER<sup>2</sup> und Thorsten HOLZHÄUSER<sup>3,4</sup>

<sup>1</sup> *Institut für angewandte Arbeitswissenschaft e.V. (IfaA),  
Uerdinger Str. 56, D-40474 Düsseldorf*

<sup>2</sup> *Rasselstein GmbH, Koblenzer Str. 141, D-56626 Andernach*

<sup>3</sup> *Arbeitgeberverband Lüdenscheid, Staberger Straße 5, D-58511 Lüdenscheid*

<sup>4</sup> *Arbeitgeberverband Olpe, Seminarstraße 36, D-57472 Olpe*

**Kurzfassung:** Das excelbasierte Programm e-Shift-Design wurde Mitte 2009 veröffentlicht und soll einer Vielzahl von Anwendern auf breiter Ebene einen kostengünstigen und praxisgerechten Einstieg in die anforderungsgerechte und ergonomische Schichtplangestaltung ermöglichen. Der Beitrag beschreibt das Programm, erste Erfahrungen sowie geplante Weiterentwicklungen.

**Schlüsselwörter:** Arbeitszeit, Schichtplanung, Schichtarbeit, Ergonomie.

## 1. Hintergrund

Produktionsarbeitsplätze in Deutschland zu sichern, erfordert vielfach die Ausweitung und/oder Flexibilisierung der Betriebszeiten v. a. kapitalintensiver Produktionsseinrichtungen. Dabei müssen langfristig die Interessen von Kunden, Unternehmen und Mitarbeitern berücksichtigt werden, um die Wettbewerbsfähigkeit und Beständigkeit der Unternehmen nachhaltig zu sichern.

Bei der Gestaltung sind wirtschaftliche, gesetzliche und vertragliche Vorgaben sowie arbeitswissenschaftliche Empfehlungen (z. B. Beermann 2005; Knauth & Hornberger 1997; Wedderburn et al. 1991) zu berücksichtigen. Dies stellt hohe Anforderungen an die betrieblichen Planungsverantwortlichen und -beteiligten. Programme für eine rechnergestützte Schichtplangestaltung können dabei von Routineaufgaben entlasten und die Planungsqualität steigern (z. B. Gärtner 2007; Nachreiner et al. 2005; Schwefflinghaus 2006).

## 2. Das Programm „e-Shift-Design“

Ziel des Programms ist, insbesondere Einsteigern einen einfachen Zugang sowie eine schnelle und selbständige Einarbeitung in die Materie anzubieten. Im Interesse einer möglichst hohen Verbreitung wurde der Entwicklungsaufwand von den Entwicklungspartnern getragen.

Die Partner bei der Entwicklung von e-shift-Design sind:

- die Rasselstein GmbH
- der Verband der Metall- und Elektroindustrie Rheinland-Rheinhausen e. V. sowie
- das Institut für angewandte Arbeitswissenschaft e. V.

An der Weiterentwicklung des Programms sind zudem der Arbeitgeberverband der Metall- und Elektro-Industrie Lüdenscheidt e.V. sowie der Arbeitgeberverband für

den Kreis Olpe e. V. beteiligt. Das Programm bietet wirkungsvolle Unterstützung bei den Arbeitsschritten

- unternehmensspezifische Randbedingungen festlegen
- Betriebszeit- und Besetzungsbedarf festlegen,
- Netto- und Bruttopersonalbedarf ermitteln,
- Besetzungsstärken festlegen und eingeben,
- geeignete Gruppenstrukturen ermitteln,
- ergonomische Schichtfolgen suchen und ggf. anpassen oder frei gestalten,
- Pläne bewerten und berechnen sowie
- individuelle Schichtplandarstellungen für gewünschte Zeiträume drucken.

Im Menüpunkt Grundeinstellungen werden unternehmensspezifische Randbedingungen eingegeben und festgelegt. Hierzu gehören unter anderem Angaben zu Mindestruhezeiten, Genehmigungen für Sonn- und Feiertagsarbeit sowie die vertragliche Wochenarbeitszeit. Diese Eingaben sind Grundlagen für spätere Berechnungen und die Prüfung entwickelter Schichtpläne auf Gesetzeskonformität. Ferner kann in diesem Menüpunkt bei Bedarf der erforderliche zusätzliche Personalbedarf für Abwesenheitsvertretungen komfortabel bestimmt werden. Anschließend werden für die aktuelle Planungsaufgabe Schichtarten, Betriebszeiten und Sollbelegungen definiert. Eine der wesentlichen Aufgaben ist, für diese Bedingungen mögliche Gruppenstrukturen mit den jeweils resultierenden Mitarbeiterzahlen und Wochenarbeitszeiten zu bestimmen (vgl. Abbildung 1). Die Wahl einer geeigneten Gruppenstruktur ist Voraussetzung für ein stabiles Arbeitszeitsystem mit weitgehend planbaren Zeitsalden und Arbeitseinsätzen.

**Sollbelegung**

Bitte geben Sie nachfolgend für die einzelnen definierten Schichtarten die tageweise vorgesehene Sollbelegung ein!

Schichtart	Montag	Dienstag	Mittwoch	Donnerstag	Freitag	Samstag	Sonntag
Frühschicht (F / 06:00 - 14:00)	6	6	6	6	6	6	
Spätschicht (S / 14:00 - 22:00)	6	6	6	6	6	6	
Nachtschicht (N / 22:00 - 06:00)	6	6	6	6	6		6

Hilfe Übernehmen Zurücksetzen Abbrechen

**Gruppenstruktur**

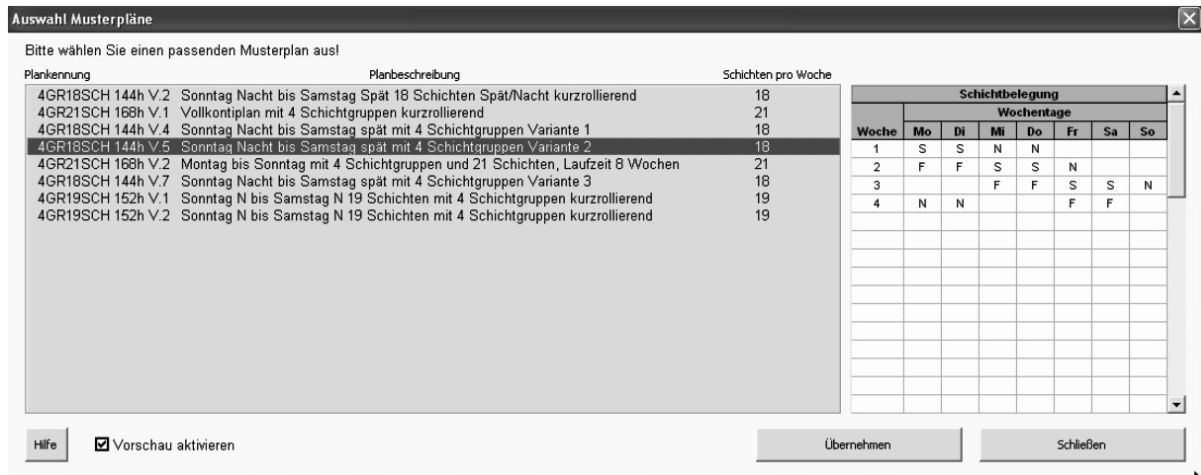
Anzahl Gruppen	Anzahl MA pro Gr.	Anzahl MA	Wochenarbeitszeit	Abweichung Soll/Ist	Min. Laufzeit [Wo]
24	1	24	33,75	1,25	24
23	1	23	35,22	0,22	23
22	1	22	36,82	1,82	22
12	2	24	33,75	1,25	12
11	2	22	36,82	1,82	11
8	3	24	33,75	1,25	8
7	3	21	38,57	3,57	7
4	6	24	33,75	1,25	4

Hilfe Übernehmen Abbrechen

**Abbildung 1:** Sollbelegung und mögliche Planstrukturen



Nach der Wahl einer passenden Gruppenstruktur sind für diese geeignete ergonomische Schichtfolgen zu ermitteln. Hierzu greift e-Shift-Design auf einen Fundus bewährter Schichtpläne zurück, aus denen für die jeweilige Gruppenstruktur passende Pläne als Vorlagen gewählt werden können (vgl. Abbildung 2).



**Abbildung 2:** Vorgeschlagene Musterpläne aus dem Fundus

Gewählte Musterpläne werden in den Menüpunkt „Schichtplandesign“ übernommen und lassen sich dort bei Bedarf manuell unternehmens- und mitarbeiterspezifisch anpassen. Dabei werden die gesetzlichen Vorgaben überwacht. Eingaben welche diese nicht erfüllen, nimmt e-Shift-Design nicht an. Modifizierte oder manuell neu erstellte Schichtpläne können als neue Vorlagen in den Fundus übernommen werden, der sich so unternehmensspezifisch weiter entwickelt.

Fertiggestellte Schichtpläne können hinsichtlich der Berücksichtigung ausgewählter wesentlicher arbeitswissenschaftlicher Empfehlungen bewertet werden. Dabei werden die Anzahl der Arbeitstage, freier Tage und der einzelnen Schichtarten in Folge sowie das Auftreten besonders ungünstiger Schichtfolgen berücksichtigt (vgl. Abbildung 3).



**Abbildung 3:** Bewertung nach ausgewählten arbeitswissenschaftlichen Erkenntnissen

e-Shift-Design ermöglicht außerdem die komfortable Verwaltung erstellter Schichtpläne. Verschiedene Druckmöglichkeiten - bspw. als individuelle Jahrespläne im Scheckkartenformat - sind berücksichtigt. Das Taschenbuch mit Programm wurde im Juni 2009 veröffentlicht und bisher über 2000 mal verkauft. Vor allem über die Verbände der Metall- und Elektroindustrie wird e-Shift-Design an Mitgliedsunternehmen verbreitet. Dies wird teilweise durch Schulungs- und Informationsveranstaltungen der Verbände für Mitgliedsunternehmen begleitet.

### 3. Ausblick

Im Jahr 2010 sind verschiedene Programmerweiterungen geplant, die zunächst als Dienstleistung der Arbeitgeberverbände der M+E-Industrie für ihre Mitgliedsunternehmen bereitgestellt werden:

- Funktionen für den Massendruck von Schichtplänen, die einen zentralen Druck aller betrieblichen Schichtpläne für alle Gruppen - bspw. zum Jahreswechsel – unterstützen,
- Möglichkeit innerhalb eines frei wählbaren Zeitraumes verschiedene Schichtpläne auf einem Dokument auszudrucken,
- Kostenprognosen unter Berücksichtigung schichtarbeitstypischer Zuschläge,
- Softwareunabhängiges Druckmodul.

Rückmeldungen der Anwender zum Programm sollen künftig über den Internetauftritt des IfaA erfasst und bei der Programmpflege berücksichtigt werden. Bisherige Rückmeldungen ergaben, dass in den Unternehmen vielfach Bedarf an einfachen Werkzeugen zur Personaleinsatzplanung besteht. Diese soll Anwender u. a. unterstützen bei der Verwaltung von An- und Abwesenheitszeiten, der Erstellung bereichsbezogener Jahresplanungen sowie der Suche bestgeeigneter Vertreter für Ausfälle unter Berücksichtigung von Qualifikation und Ist-Arbeitszeit. Hierfür wird in Kooperation mit den Arbeitgeberverbänden Lüdenscheld und Olpe sowie der Raselstein GmbH langfristig ein mit e-Shift-Design kombinierbares Modul konzipiert.

### 4. Literatur

1. Beermann, B. 2005, Leitfaden zur Einführung und Gestaltung von Nacht- und Schichtarbeit, 9. unveränderte Auflage. Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitssicherheit, S. 12 - 18.
2. Gärtner, J. 2007, Flexible Werkzeuge für die Arbeitszeitgestaltung: Time-Intelligence Solutions [TIS] und Shiftplan-Assistent [SPA]. In: Institut für Arbeitswissenschaft und Betriebsorganisation (Hrsg.), Erfolgsfaktor Arbeitszeit im Krankenhaus, Tagung am 16.4.2007, Universität Karlsruhe. Karlsruhe: Institut für Arbeitswissenschaft und Betriebsorganisation, S. 128 – 148.
3. Knauth, P. & Hornberger, S. 1997, Schichtarbeit und Nachtarbeit, Probleme - Formen - Empfehlungen, 4. Auflage. München: Bayerisches Staatsministerium für Arbeit und Sozialordnung, Familie, Frauen und Gesundheit, S. 58 – 62.
4. Nachreiner, F., Schomann, C., Stapel, W., Nickel P., Eden J., Grzech-Sukalo, H., Hänecke K. & Albrecht, N. 2005, Softwaregestützte Arbeitszeitgestaltung mit BASS 4, Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, S. 17 -123.
5. Schweflinghaus, W. 2006, Besser leben mit Schichtarbeit, 7. überarbeitete Auflage. Essen: BKK Bundesverband, S. 53.
6. Wedderburn, A., Costa, G., Jansen, B., Knauth, P., Léonard, R. & Gadbois, C. 1991. In: Europäische Stiftung zur Verbesserung der Lebens- und Arbeitsbedingungen (Hrsg.), Leitlinien für Schichtarbeiter, Bulletin of European Shiftwork Topics, Nr. 3, Dublin, S. 12 – 16.

# Entwicklung eines Internetportals zur gesundheitsfördernden und sozialverträglichen Arbeitszeitgestaltung

Carsten SCHOMANN, Ole GIEBEL und Friedhelm NACHREINER

*Gesellschaft für Arbeits-, Wirtschafts- und Organisationspsychologische Forschung (GAWO) e.V., Achterdiek 50, D-26131 Oldenburg*

**Kurzfassung:** Der Anteil von der Normalarbeitszeit abweichender Arbeitszeitsysteme, z.B. Schichtarbeit und flexible Arbeitszeiten, nimmt auch in der Produktion immer mehr zu. Eine Beurteilung der damit verbundenen gesundheitlichen und sozialen Risiken findet sich in der betrieblichen Praxis eher selten, was einerseits an einem mangelnden Risikobewusstsein, andererseits aber auch auf das Fehlen geeigneter Bewertungshilfen zurückzuführen ist. Im Rahmen der Initiative Neue Qualität der Arbeit (INQA) wurde ein Internetportal zur gesundheitsfördernden und sozialverträglichen Arbeitszeitgestaltung mit dem Ziel entwickelt, den Wissenserwerb betrieblicher Akteure rund um das Thema Arbeitszeitgestaltung zu unterstützen und eine qualifizierte Risikobewertung des Belastungsfaktors Arbeitszeit, auch zum Zweck der gesetzlich geforderten Gefährdungsbeurteilung, zu erlauben.

**Schlüsselwörter:** Arbeitszeit, Gefährdungsbeurteilung, Instrumente.

## 1. Einleitung

Der Anteil von der Normalarbeitszeit abweichender Arbeitszeitsysteme, z.B. Schichtarbeit und flexible Arbeitszeiten, nimmt auch in der Produktion immer mehr zu. Eine Beurteilung der damit verbundenen gesundheitlichen und sozialen Risiken findet sich in der betrieblichen Praxis eher selten, was einerseits an einem mangelnden Risikobewusstsein, andererseits aber auch auf das Fehlen geeigneter Bewertungshilfen zurückzuführen ist.

Grundidee dieses Internetportals, das im Rahmen des INQA-Projektes „Beratungs- und Unterstützungsangebote für die Arbeitszeitgestaltung und die Planung von Schichtarbeit in der Produktion“ entwickelt wurde, ist es, Information über generelle und praxisrelevante Fragen der Arbeitszeitgestaltung in eine multimediale Form zu bringen, die einen schnellen, effektiven und effizienten Zugriff durch die Nutzer erlaubt und für die Zielgruppen vor Ort verständlich und handhabbar ist. Dabei ist es das Ziel des Portals, Wissen zu vermitteln, das Risiko-Bewusstsein betrieblicher Akteure zu schärfen, methodische Kompetenzen zu fördern sowie konkrete Handlungshilfen bereitzustellen.

## 2. Methode

Zur Erstellung eines Internetportals mit praxisrelevanten Arbeitszeithemen wird zunächst eine Sammlung und Aufbereitung der vorliegenden arbeitswissenschaftlichen Erkenntnisse und Empfehlungen zur Arbeitszeitgestaltung durchgeführt. Dabei werden nicht nur die Aspekte Nacht- und Schichtarbeit berücksichtigt, sondern auch

die Bereiche Dauer und Flexibilität. Als nächster Schritt ist zu überlegen, welche weiteren Informationen rund um das Thema Arbeitszeit potentiellen Nutzern bei ihrer täglichen Arbeit hilfreich sein könnten und wie diese Informationen für die Präsentation in einem Internetportal aufbereitet werden müssen. Dabei sind prinzipiell verschiedene Unterstützungsangebote zu berücksichtigen, wie z.B. Bereitstellung von Materialien zum Selbststudium, Aufbereitung organisierter Weiterbildungs- und Beratungsangebote sowie die Bereitstellung von praxistauglichen Checklisten, Datenbanken mit Musterlösungen und IT-gestützten Tools zur Lösung eigener Problemstellungen.

### 3. Ergebnisse

Die Abbildung 1 zeigt die Startseite des Internetportals, das der Öffentlichkeit unter <http://www.inqa.de> seit Anfang 2010 zur Verfügung steht.



Abbildung 1: Startbildschirm des Portals

Konkret beinhaltet das Internetportal neben einem Tool zur Online-Risikobewertung von Arbeitszeiten (vgl. Dittmar 2009) folgende Themen:

- Gesetzliche Regelungen
- Gesetze zum Download, juristische Fragen aus der Praxis
- Wissenschaftlicher Stand / Empfehlungen

- Ausgewählte Praxis- und Forschungsliteratur, arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse und Empfehlungen zur Gestaltung von Nacht- und Schichtarbeit, langen und flexiblen Arbeitszeiten, Empfehlungen für Schichtarbeiter
- Arbeitszeiten online bewerten
- Tool „Arbeitszeiten online bewerten“ zur Eingabe allgemeiner Schichtpläne bzw. konkreter Arbeitszeitdaten und deren Bewertung im Hinblick auf Gesundheitsrisiken und Sozialverträglichkeit
- Handlungshilfen für die Praxis
- Datenbank mit über 40 bewerteten Standardschichtplänen (siehe Abbildung 2), Praxisbeispiele betrieblicher Problemstellungen, Mitarbeiterfragebogen mit automatischer Auswertung und Grafikerstellung

Handlungshilfen für die Praxis ► Datenbank Standardschichtpläne ►

Suche:

### Vollkontinuierliche Schichtpläne

Schichtplan	Betriebszeit	Anzahl Schichten	Schichtarten	Anzahl Schichtgruppen	Ø-Brutto -WAZ	Kennzeichen																																																															
<div>V1</div> <table><tr><td>Gruppe</td><td>Mo</td><td>Di</td><td>Mi</td><td>Do</td><td>Fr</td><td>Sa</td><td>So</td><td>WAZ</td></tr><tr><td>Gruppe 1</td><td>Tag</td><td>Nacht</td><td></td><td></td><td>Tag</td><td>Nacht</td><td></td><td>42,00</td></tr><tr><td>Gruppe 2</td><td></td><td>Tag</td><td>Nacht</td><td></td><td></td><td>Tag</td><td>Nacht</td><td>42,00</td></tr><tr><td>Gruppe 3</td><td></td><td></td><td>Tag</td><td>Nacht</td><td></td><td></td><td>Tag</td><td>42,00</td></tr><tr><td>Gruppe 4</td><td></td><td></td><td></td><td>Tag</td><td>Nacht</td><td></td><td></td><td>42,00</td></tr></table>	Gruppe	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	WAZ	Gruppe 1	Tag	Nacht			Tag	Nacht		42,00	Gruppe 2		Tag	Nacht			Tag	Nacht	42,00	Gruppe 3			Tag	Nacht			Tag	42,00	Gruppe 4				Tag	Nacht			42,00	Vollkonti / 168 Stunden	14	Früh Nacht permanent 12-Stunden Schichten	4	42,00	Lange Schichtzeiten																		
Gruppe	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	WAZ																																																													
Gruppe 1	Tag	Nacht			Tag	Nacht		42,00																																																													
Gruppe 2		Tag	Nacht			Tag	Nacht	42,00																																																													
Gruppe 3			Tag	Nacht			Tag	42,00																																																													
Gruppe 4				Tag	Nacht			42,00																																																													
<div>V2</div> <table><tr><td>Gruppe</td><td>Mo</td><td>Di</td><td>Mi</td><td>Do</td><td>Fr</td><td>Sa</td><td>So</td><td>WAZ</td></tr><tr><td>Gruppe 1</td><td>Früh</td><td>Früh</td><td>Spät</td><td>Spät</td><td>Nacht</td><td>Nacht</td><td>Früh</td><td>40,00</td></tr><tr><td>Gruppe 2</td><td></td><td>Früh</td><td>Früh</td><td>Spät</td><td>Spät</td><td>Früh</td><td>Früh</td><td>38,00</td></tr><tr><td>Gruppe 3</td><td>Nacht</td><td>Nacht</td><td></td><td></td><td>Früh</td><td>Früh</td><td>Früh</td><td>40,00</td></tr><tr><td>Gruppe 4</td><td>Spät</td><td>Spät</td><td>Nacht</td><td>Nacht</td><td></td><td></td><td></td><td>38,00</td></tr></table>	Gruppe	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	WAZ	Gruppe 1	Früh	Früh	Spät	Spät	Nacht	Nacht	Früh	40,00	Gruppe 2		Früh	Früh	Spät	Spät	Früh	Früh	38,00	Gruppe 3	Nacht	Nacht			Früh	Früh	Früh	40,00	Gruppe 4	Spät	Spät	Nacht	Nacht				38,00	Vollkonti / 168 Stunden	20	Früh Spät Nacht 12-Stunden Schichten am Sonntag	4	42,00	Kurzer Vorwärtswechsel																		
Gruppe	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	WAZ																																																													
Gruppe 1	Früh	Früh	Spät	Spät	Nacht	Nacht	Früh	40,00																																																													
Gruppe 2		Früh	Früh	Spät	Spät	Früh	Früh	38,00																																																													
Gruppe 3	Nacht	Nacht			Früh	Früh	Früh	40,00																																																													
Gruppe 4	Spät	Spät	Nacht	Nacht				38,00																																																													
<div>V3</div> <table><tr><td>Gruppe</td><td>Mo</td><td>Di</td><td>Mi</td><td>Do</td><td>Fr</td><td>Sa</td><td>So</td><td>WAZ</td></tr><tr><td>Gruppe 1</td><td>Früh</td><td>Früh</td><td>Nacht</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>36,00</td></tr><tr><td>Gruppe 2</td><td>Spät</td><td>Spät</td><td></td><td></td><td>Früh</td><td>Früh</td><td>Früh</td><td>36,00</td></tr><tr><td>Gruppe 3</td><td>Nacht</td><td>Nacht</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>36,00</td></tr><tr><td>Gruppe 4</td><td></td><td></td><td>Früh</td><td>Früh</td><td>Nacht</td><td>Nacht</td><td>Nacht</td><td>36,00</td></tr><tr><td>Gruppe 5</td><td></td><td></td><td></td><td>Spät</td><td>Spät</td><td>Spät</td><td>Spät</td><td>36,00</td></tr></table>	Gruppe	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	WAZ	Gruppe 1	Früh	Früh	Nacht					36,00	Gruppe 2	Spät	Spät			Früh	Früh	Früh	36,00	Gruppe 3	Nacht	Nacht						36,00	Gruppe 4			Früh	Früh	Nacht	Nacht	Nacht	36,00	Gruppe 5				Spät	Spät	Spät	Spät	36,00	Vollkonti / 168 Stunden	20	Früh Spät Nacht 12-Stunden Schichten am Sonntag	5	33,60	Vorwiegend kurzer Vorwärtswechsel mit langer Ruhezeit nach Nachtschichtblock									
Gruppe	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	WAZ																																																													
Gruppe 1	Früh	Früh	Nacht					36,00																																																													
Gruppe 2	Spät	Spät			Früh	Früh	Früh	36,00																																																													
Gruppe 3	Nacht	Nacht						36,00																																																													
Gruppe 4			Früh	Früh	Nacht	Nacht	Nacht	36,00																																																													
Gruppe 5				Spät	Spät	Spät	Spät	36,00																																																													
<div>V4</div> <table><tr><td>Gruppe</td><td>Mo</td><td>Di</td><td>Mi</td><td>Do</td><td>Fr</td><td>Sa</td><td>So</td><td>WAZ</td></tr><tr><td>Gruppe 1</td><td>Früh</td><td>Früh</td><td>Spät</td><td>Spät</td><td>Nacht</td><td>Nacht</td><td></td><td>42,00</td></tr><tr><td>Gruppe 2</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>Früh</td><td>Früh</td><td>Früh</td><td>37,33</td></tr><tr><td>Gruppe 3</td><td>Spät</td><td>Spät</td><td>Nacht</td><td>Nacht</td><td></td><td></td><td></td><td>37,33</td></tr><tr><td>Gruppe 4</td><td></td><td></td><td>Früh</td><td>Früh</td><td>Spät</td><td>Spät</td><td>Nacht</td><td>37,33</td></tr><tr><td>Gruppe 5</td><td>Nacht</td><td>Nacht</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>37,33</td></tr><tr><td>Gruppe 6</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>37,33</td></tr></table>	Gruppe	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	WAZ	Gruppe 1	Früh	Früh	Spät	Spät	Nacht	Nacht		42,00	Gruppe 2					Früh	Früh	Früh	37,33	Gruppe 3	Spät	Spät	Nacht	Nacht				37,33	Gruppe 4			Früh	Früh	Spät	Spät	Nacht	37,33	Gruppe 5	Nacht	Nacht						37,33	Gruppe 6								37,33	Vollkonti / 168 Stunden	20	Früh Spät Nacht Flex-Schicht 12-Stunden Schichten am Sonntag	6	max. 37,33	Kurzer Vorwärtswechsel mit langen Arbeits- und Freizeitblöcken
Gruppe	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	WAZ																																																													
Gruppe 1	Früh	Früh	Spät	Spät	Nacht	Nacht		42,00																																																													
Gruppe 2					Früh	Früh	Früh	37,33																																																													
Gruppe 3	Spät	Spät	Nacht	Nacht				37,33																																																													
Gruppe 4			Früh	Früh	Spät	Spät	Nacht	37,33																																																													
Gruppe 5	Nacht	Nacht						37,33																																																													
Gruppe 6								37,33																																																													
<div>V5</div> <table><tr><td>Gruppe</td><td>Mo</td><td>Di</td><td>Mi</td><td>Do</td><td>Fr</td><td>Sa</td><td>So</td><td>WAZ</td></tr><tr><td>Gruppe 1</td><td>Nacht</td><td>Nacht</td><td>Nacht</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>36,00</td></tr><tr><td>Gruppe 2</td><td>Spät</td><td>Spät</td><td>Spät</td><td>Spät</td><td>Spät</td><td>Spät</td><td>Spät</td><td>36,00</td></tr><tr><td>Gruppe 3</td><td></td><td></td><td>Früh</td><td>Früh</td><td>Früh</td><td>Früh</td><td>Früh</td><td>36,00</td></tr><tr><td>Gruppe 4</td><td>Früh</td><td>Früh</td><td></td><td></td><td>Nacht</td><td>Nacht</td><td>Nacht</td><td>36,00</td></tr></table>	Gruppe	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	WAZ	Gruppe 1	Nacht	Nacht	Nacht					36,00	Gruppe 2	Spät	Spät	Spät	Spät	Spät	Spät	Spät	36,00	Gruppe 3			Früh	Früh	Früh	Früh	Früh	36,00	Gruppe 4	Früh	Früh			Nacht	Nacht	Nacht	36,00	Vollkonti / 168 Stunden	21	Früh Spät Nacht	4	42,00	Langer Rückwärtswechsel																		
Gruppe	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	WAZ																																																													
Gruppe 1	Nacht	Nacht	Nacht					36,00																																																													
Gruppe 2	Spät	Spät	Spät	Spät	Spät	Spät	Spät	36,00																																																													
Gruppe 3			Früh	Früh	Früh	Früh	Früh	36,00																																																													
Gruppe 4	Früh	Früh			Nacht	Nacht	Nacht	36,00																																																													
<div>V6</div> <table><tr><td>Gruppe</td><td>Mo</td><td>Di</td><td>Mi</td><td>Do</td><td>Fr</td><td>Sa</td><td>So</td><td>WAZ</td></tr><tr><td>Gruppe 1</td><td>Früh</td><td>Früh</td><td>Spät</td><td>Spät</td><td>Nacht</td><td>Nacht</td><td>Nacht</td><td>40,00</td></tr><tr><td>Gruppe 2</td><td></td><td>Früh</td><td>Früh</td><td>Spät</td><td>Spät</td><td>Spät</td><td>Spät</td><td>38,00</td></tr><tr><td>Gruppe 3</td><td>Nacht</td><td>Nacht</td><td></td><td></td><td>Früh</td><td>Früh</td><td>Früh</td><td>40,00</td></tr><tr><td>Gruppe 4</td><td>Spät</td><td>Spät</td><td>Nacht</td><td>Nacht</td><td></td><td></td><td></td><td>38,00</td></tr></table>	Gruppe	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	WAZ	Gruppe 1	Früh	Früh	Spät	Spät	Nacht	Nacht	Nacht	40,00	Gruppe 2		Früh	Früh	Spät	Spät	Spät	Spät	38,00	Gruppe 3	Nacht	Nacht			Früh	Früh	Früh	40,00	Gruppe 4	Spät	Spät	Nacht	Nacht				38,00	Vollkonti / 168 Stunden	21	Früh Spät Nacht	4	42,00	Kurzer Vorwärtswechsel																		
Gruppe	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	WAZ																																																													
Gruppe 1	Früh	Früh	Spät	Spät	Nacht	Nacht	Nacht	40,00																																																													
Gruppe 2		Früh	Früh	Spät	Spät	Spät	Spät	38,00																																																													
Gruppe 3	Nacht	Nacht			Früh	Früh	Früh	40,00																																																													
Gruppe 4	Spät	Spät	Nacht	Nacht				38,00																																																													

**Abbildung 2:** Ausschnitt aus der Datenbank Standardschichtpläne

- Broschüren / Weblinks
- Tipps zu Büchern, Broschüren, Downloads und interessante Links
- Software zur Arbeitszeitgestaltung
- Checkliste mit relevanten Kriterien für eine vergleichende Beurteilung von Software zur Arbeitszeitgestaltung
- Bildungsangebote
- Checkliste mit wichtigen Kriterien für eine vergleichende Beurteilung der Anbieter von Seminaren
- Externe Beratung

- Checkliste mit wichtigen Kriterien für eine vergleichende Beurteilung von Arbeitszeitberatern/Arbeitszeitberaterinnen
- Downloadcenter mit diversen Checklisten
- Checkliste Schichtplan
- Checkliste Schichtprojekt
- Checkliste 12-Stunden-Schichten
- Checkliste Externe Beratung
- Checkliste Bildungsangebote
- Checkliste Software zur Arbeitszeitgestaltung

#### **4. Diskussion und Schlussfolgerung**

Das Informationsportal bietet wichtige Hintergrundinformationen in medial angemessen aufbereiteter und für die Praxis gut nutzbarer und übertragbarer Form. Es zeigt erstmalig eine kurze Zusammenstellung gesicherter arbeitswissenschaftlicher Erkenntnisse und den daraus ableitbaren Empfehlungen. Das Portal bietet einen Überblick über nach arbeitswissenschaftlichen Kriterien bewertete Standardschichtpläne und bietet dem Nutzer Zugang zu praxeologischer und weiterführender Literatur.

Seit Anfang 2010 steht das Internetportal und das Tool zur Online-Risikobewertung von Arbeitszeiten der Öffentlichkeit unter <http://www.inqa.de> zur Verfügung.

#### **5. Literatur**

1. Dittmar, O., Schomann, C. & Nachreiner, F. 2010, Gefährdungsbeurteilung anhand von Merkmalen der Arbeitszeit. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg.), Neue Arbeits- und Lebenswelten gestalten. Dortmund: GfA Press, S. 641-644.



# Umgebungsbelastung



# Thermophysiologische Beanspruchung durch Arbeit in Schutzkleidung - Resultate eines europäischen Verbundprojekts

Peter BRÖDE<sup>1</sup> und THERMPROTECT network<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Leibniz-Institut für Arbeitsforschung an der TU Dortmund (IfADo),  
Ardeystr. 67, D-44139 Dortmund*

<sup>2</sup> *[http://www.lboro.ac.uk/departments/hu/groups/hitel/  
THERMPROTECT/thermprotect.htm](http://www.lboro.ac.uk/departments/hu/groups/hitel/THERMPROTECT/thermprotect.htm)*

**Kurzfassung:** Grundlegende Daten zur Beurteilung der thermischen Beanspruchung während der Arbeit in Schutzkleidung wurden im europäischen Verbundprojekt THERMPROTECT mit Untersuchungen des durch die Kleidung erhöhten Energieumsatzes und des Wärme- und Feuchtetransports unter Kältebelastung sowie bei Einwirkung von Wärmestrahlung erhoben. Der Eingang der hier dargestellten Resultate in international standardisierte Bewertungsverfahren soll zur Vermeidung thermophysiologischer Überbeanspruchungen beitragen.

**Schlüsselwörter:** Thermophysiologie, Schutzkleidung, Modell, Klima.

## 1. Einleitung

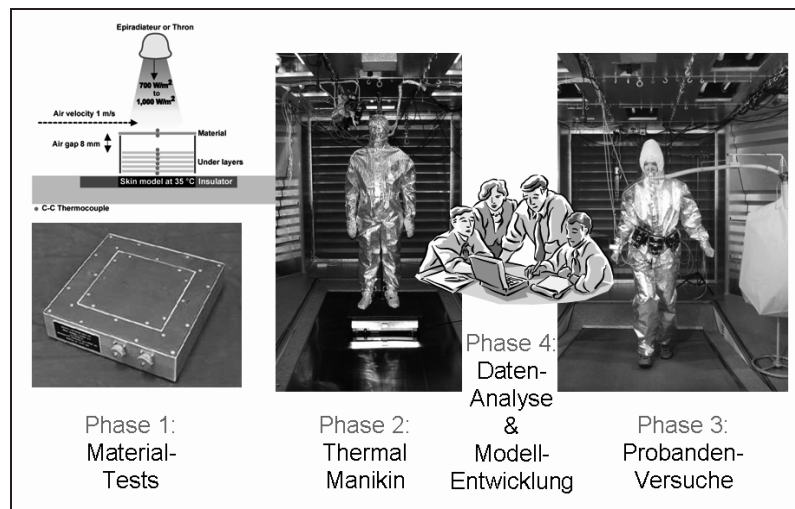
Arbeitskleidung, die zum Schutz vor chemischen, mechanischen oder thermischen Gefährdungen getragen wird, stellt für den Nutzer eine zusätzliche thermische Belastung dar. Zum einen steigern ihr Gewicht und ihre Steifigkeit die metabolische Wärmeproduktion während der Arbeit, gleichzeitig behindern ihre erhöhte Wärmeisolation und ihr Wasserdampf Widerstand die Wärmeabgabe und die für die Abkühlung des Körpers essentielle Schweißverdunstung. Die Ansammlung von Schweiß verändert zudem die thermischen Eigenschaften der Kleidung. Dies kann zu Problemen bei der Wahl geeigneter Kälteschutzkleidung führen (DIN EN 342 2004; DIN EN ISO 11079 2008). Ferner wird hierdurch auch die Validität derzeit eingesetzter Modelle zur Bewertung der physiologischen Beanspruchung durch Wärmebelastungen (ISO 7933 2004) infrage gestellt, wenn, wie bei der Brandbekämpfung oder in der Stahl- und Glasindustrie, in Schutzbekleidung unter der Einwirkung von Wärmestrahlung gearbeitet wird. Die Generierung von Daten zur Berücksichtigung der thermischen Eigenschaften der Bekleidung in thermophysiologischen Beanspruchungsmodellen war Ziel des von der EU geförderten Projektes THERMPROTECT - "Thermal Properties of Protective Clothing and Their Use" (G6RD-CT-2002-00846), das am IfADo in Kooperation mit V. Candas (F), E. den Hartog (NL), G. Havenith (UK), I. Holmér (S), K. Kuklane (S), H. Meinander (FIN), W. Nocker (D) und M. Richards (CH) durchgeführt wurde.

## 2. Projektstruktur und Methodik

Das Projekt war thematisch in folgende vier Arbeitspakete strukturiert:

- Metabolische Wärmeproduktion in Schutzkleidung
- Wärmeisolation von Kälteschutzkleidung

- Einfluss von Feuchte in der Kleidung
- Einfluss von Wärmestrahlung



**Abbildung 1:** Die 4 Phasen der Datenerhebung und -analyse in THERMPROTECT

Mit einem, in Abbildung 1 dargestellten, abgestuften Vorgehen bestehend aus Materialprüfungen, Messungen mit Wärmesimulationspuppen („Thermal Manikins“) und Probandenversuchen wurde untersucht, welche Auswirkungen Unter- und Oberbekleidungen unterschiedlicher Materialien auf die metabolische Wärmeproduktion haben und wie sich der Wärme- und Feuchtetransport unter dem Einfluss von Wärmestrahlung und Feuchte in der Kleidung ändert.

### 3. Ergebnisse aus den Arbeitspaketen

#### 3.1 Metabolische Wärmeproduktion in Schutzkleidung

Der Energieumsatz und die damit verbundene metabolische Wärmeproduktion in verschiedenen Arbeitsbekleidungen für Rettungskräfte, Feuerwehr, Militär etc. zum Schutz vor mechanischen, chemischen, biologischen oder Kälte-Einwirkungen wurde in Probandenversuchen mit den in einer standardisierten Sportbekleidung registrierten Werten verglichen. Dabei wurden unterschiedliche Tätigkeiten (Laufbandarbeit, Step-Test, Hindernis-Parcours mit Heben und Tragen) simuliert.

Der Energieumsatz in Schutzkleidung war im Vergleich zur Sportkleidung um bis zu 20% erhöht. Dieser Anstieg war nur zur Hälfte durch das erhöhte Gewicht der Ausrüstung erklärbar (Dorman & Havenith 2009). Darüber hinaus spielen auch andere Eigenschaften der Kleidung, wie Steifigkeit, Sperrigkeit oder die Anzahl der Kleidungsschichten eine Rolle, wobei die Vorhersage entsprechender Regressionsmodelle noch verbessert werden muss (Dorman et al. 2006).

#### 3.2 Wärmeisolation von Kälteschutzkleidung

Die bei dynamischer Arbeit resultierende Wärmeisolation der Bekleidung ist eine wesentliche Eingangsgröße bei der Bewertung der thermischen Beanspruchung an Kälte-arbeitsplätzen mit Hilfe von Wärmebilanzmodellen (DIN EN ISO 11079 2008).

In Versuchen mit Wärmesimulationspuppen („Thermal Manikins“) und Probanden wurde ermittelt, mit welchem Verfahren die Gesamtisolation aus den mit dem bedeckten Anteil der Körperoberfläche gewichteten Isolationswerten einzelner Bekleidungsteile be-

rechnet werden sollte. Dabei wurden auch die Wirkungen von Wind und Körperbewegungen bei der Arbeit in Kälteschutzkleidung berücksichtigt.

Die Resultate belegten, dass Kälteschutzkleidung durch ihr Gewicht und ihre Steifigkeit den Energieumsatz bei der Ausübung körperlicher Arbeit erhöht (vgl. 3.1), während gleichzeitig ihre Wärmeisolation durch die zusätzliche Luftzirkulation innerhalb der Bekleidung vermindert wird. Weiterhin führte die „serielle“ Addition der lokalen Isolationswerte zu einer Überschätzung der Gesamtisolation verbunden mit einer stärkeren Abkühlungsreaktion der Probanden im Gegensatz zur „parallelen“ Berechnungsmethode, die adäquate Isolationswerte lieferte (Kuklane et al. 2007).

### *3.3 Einfluss von Feuchte in der Kleidung*

Um die Auswirkung feuchter innerer Kleidungsschichten auf die Wärmeleitung ohne Evaporationseinflüsse zu untersuchen, wurde in Probandenversuchen (Bröde et al. 2008a) eine durch wasserdampfundurchlässige Overalls sowohl von der Unterwäsche als auch der Umgebung isolierte Baumwollschicht befeuchtet. Die Wärmeisolation wurde dadurch im Vergleich zur Kontrollbedingung mit trockener Kleidung sowohl bei stehenden als auch bei Laufbandarbeit (4km/h) leistenden Probanden um 9 bis 16% reduziert. Zusätzlich gestützt wurde dieses Ergebnis durch entsprechende Manikin-Studien (Havenith et al. 2008, Bröde et al. 2008a).

Weitere Manikin-Untersuchungen (Bröde et al. 2009; Havenith et al. 2009) belegten, dass die Effizienz, d.h. die Kühlwirkung der durch Schutzkleidung verdunsteten Feuchte mit der Entfernung des Verdunstungsorts von der Haut abnimmt. Während die Effizienz bei Verdunstung direkt auf der Hautoberfläche durch dünne, wasserdampfdurchlässige Kleidung noch fast 100% beträgt, sinkt sie auf etwa 70% bei Verdunstung von der Unterwäsche und weiter bis auf etwa 20% bei Verdunstung von der äußersten von mehreren Kleidungsschichten.

### *3.4 Einfluss von Wärmestrahlung*

In zahlreichen Manikin-Experimenten (Bröde et al. 2006; Bröde et al. 2008b; den Hartog et al. 2007) bewirkte Wärmestrahlung eine Erwärmung der Haut. Diese stieg approximativ linear mit der Intensität an, wurde durch Wind ebenso vermindert wie durch zusätzlich getragene Unterbekleidung und war abhängig vom Reflexionsgrad der Außenbekleidung.

Unterschiede in der Erwärmung durch Wärmestrahlung ergaben sich mit feuchter im Vergleich zu trockener Kleidung und hingen mit der Wasserdampfdurchlässigkeit der äußeren Kleidungsschicht zusammen. Während sich die Erwärmung in durchlässiger Kleidung durch die gleichzeitig erhöhte Evaporation verringerte, nahm sie bei undurchlässiger Kleidung zu (Bröde et al. 2009).

## **4. Zusammenfassung und Schlussfolgerung**

Zusammengefasst belegen die Ergebnisse bei der Arbeit in Schutzkleidung

- einen Anstieg der metabolischen Wärmeproduktion um bis zu 20% verglichen mit einer standardisierten Sportbekleidung, wobei das erhöhte Gewicht den Zuwachs nur zur Hälfte erklärt;
- eine reduzierte Kühlwirkung der Schweißverdunstung, die bei Verdunstung in äußeren Kleidungsschichten noch weiter abnimmt;
- eine in nasser wasserdampfundurchlässiger Kleidung größere Absorption von Wärmestrahlung.

Durch Berücksichtigung dieser Ergebnisse in international standardisierten Verfahren (DIN EN 342 2004; DIN EN ISO 11079 2008; DIN EN ISO 9920 2009; ISO 7933 2004) soll zur validen Bewertung der thermophysiologischen Beanspruchung während der Arbeit in Schutzkleidung beigetragen werden.

## 5. Literatur

1. Bröde, P., Candas, V., Kuklane, K., den Hartog, E.A., Havenith, G., Griefahn, B., Holmér, I., Meinander, H., Nocker, W. & Richards, M.G. 2006, Effects of heat radiation on the heat exchange with protective clothing – a thermal manikin study. In: European Society of Protective Clothing (Ed.), Protective Clothing - Towards Balanced Protection, 3rd European Conference on Protective Clothing (ECPC) and NOKOBETEF 8. Warszawa: CIOP-PIB, (CD-ROM, 7pp.).
2. Bröde, P., Kuklane, K. & Havenith, G. 2009, A thermal manikin study on the heat gain from infrared radiation with wet clothing. In: J.W. Castellani & T.L. Endrusick (Ed.), Environmental ergonomics XIII, 13th International Conference on Environmental Ergonomics. Wollongong: University of Wollongong, S. 290-294.
3. Bröde, P., Havenith, G., Wang, X., Candas, V., den Hartog, E., Griefahn, B., Holmér, I., Kuklane, K., Meinander, H., Nocker, W. & Richards, M. 2008a, Non-evaporative effects of a wet mid layer on heat transfer through protective clothing, European Journal of Applied Physiology, 104, 341-349.
4. Bröde, P., Kuklane, K., Candas, V., den Hartog, E., Griefahn, B., Holmér, I., Meinander, H., Nocker, W., Richards, M. & Havenith, G. 2008b, Heat transfer through protective clothing under symmetric and asymmetric long wave thermal radiation, Zeitschrift für Arbeitswissenschaft, 62, 267-276.
5. den Hartog, E.A., Bröde, P., Candas, V. & Havenith, G. 2007, Effect of clothing insulation on attenuation of radiative heat gain. In: I.B. Mekjavic, S.N. Kounalakis & N.A.S. Taylor (Ed.), Environmental ergonomics XII, 12th International Conference on Environmental Ergonomics. Ljubljana: Biomed, S. 157-158.
6. DIN EN 342 2004, Schutzkleidung - Kleidungssysteme und Kleidungsstücke zum Schutz gegen Kälte. Berlin: Beuth Verlag.
7. DIN EN ISO 11079 2008, Ergonomie der thermischen Umgebung - Bestimmung und Interpretation der Kältebelastung bei Verwendung der erforderlichen Isolation der Bekleidung (IREQ) und lokalen Kühlwirkungen. Berlin: Beuth Verlag.
8. DIN EN ISO 9920 2009, Ergonomie der thermischen Umgebung - Abschätzung der Wärmeisolation und des Verdunstungswiderstandes einer Bekleidungskombination. Berlin: Beuth Verlag.
9. Dorman, L., Havenith, G., Bröde, P., Candas, V., den Hartog, E., Holmér, I., Meinander, H., Nocker, W. & Richards, M. 2006, Modelling the metabolic effects of protective clothing. In: European Society of Protective Clothing (Ed.), Protective Clothing - Towards Balanced Protection, 3rd European Conference on Protective Clothing and NOKOBETEF 8. Warszawa: CIOP-PIB, (CD-ROM, 6 pp).
10. Dorman, L. & Havenith, G. 2009, The effects of protective clothing on energy consumption during different activities, European Journal of Applied Physiology, 105, 463-470.
11. Havenith, G., Bröde, P., Candas, V., den Hartog, E., Holmér, I., Kuklane, K., Meinander, H., Nocker, W., Richards, M. & Wang, X. 2009, Evaporative cooling in protective clothing: efficiency in relation to distance to skin. In: J.W. Castellani & T.L. Endrusick (Ed.), Environmental ergonomics XIII, 13th International Conference on Environmental Ergonomics. Wollongong: University of Wollongong, S. 20-24.
12. Havenith, G., Richards, M.G., Wang, X., Bröde, P., Candas, V., den Hartog, E., Holmér, I., Kuklane, K., Meinander, H. & Nocker, W. 2008, Apparent latent heat of evaporation from clothing: attenuation and "heat pipe" effects, Journal of Applied Physiology, 104, 142-149.
13. ISO 7933 2004, Ergonomics of the thermal environment - Analytical determination and interpretation of heat stress using calculation of the predicted heat strain. Geneva: International Organisation for Standardisation.
14. Kuklane, K., Gao, C., Holmér, I., Giedraityte, L., Bröde, P., Candas, V., den Hartog, E., Meinander, H., Richards, M. & Havenith, G. 2007, Calculation of Clothing Insulation by Serial and Parallel Methods: Effects on Clothing Choice by IREQ and Thermal Responses in the Cold, International Journal of Occupational Safety and Ergonomics, 13, 103-116.



## **Geschlechtsspezifische Analyse der subjektiv beurteilten Auswirkungen von Kältearbeit**

Mario PENZKOFER, Karsten KLUTH und Helmut STRASSER

*Fachgebiet Arbeitswissenschaft/Ergonomie, Universität Siegen,  
Paul-Bonatz-Str. 9-11, D-57068 Siegen*

**Kurzfassung:** Zum Zwecke der Evaluierung eines geschlechtsspezifischen Arbeitseinsatzes wurde eine Befragung von insgesamt 128 Arbeitspersonen in 24 Tiefkühlzentren zu den Folgen von Kältearbeit durchgeführt. Die arbeitsphysiologisch orientierten, strukturierten Interviews erlaubten, die subjektbezogenen Auswirkungen des Kommissionierens von Ware bei Umgebungstemperaturen von ca. +3°C bzw. -24°C zu untersuchen. Mit Hilfe eines standardisierten Fragebogens wurden u.a. Daten zur körperlichen Beanspruchung, der geltenden Arbeitszeitregelung, zur Arbeitsumgebung und zu der zur Verfügung gestellten Arbeitsschutzkleidung erhoben und analysiert. Nach der Auswertung des Fragebogens zeigten sich nicht immer geschlechtsspezifische Unterschiede. Während die Fragen bzgl. der Kälteschutzkleidung oder dem Umgang mit den Arbeitsmitteln von Mann und Frau sehr ähnlich beantwortet wurden, traten aber besonders bei der Beurteilung der Arbeitszeitregelung und des Temperaturempfindens deutlichere Meinungsunterschiede auf.

**Schlüsselwörter:** Kältearbeit, Subjektive Beurteilung, Geschlecht.

### **1. Einleitung**

Ein Schlüsselement in der Verteilungskette von Kühl- bzw. Tiefkühlkost stellen die Kommissioniersysteme in den als Zwischenlager genutzten Tiefkühlzentren dar. Durch immer kleinere, tagesaktuelle Bestellmengen je Artikel und die dadurch ausgelösten häufigeren Bestellungen werden selbst auf der Großhandelsebene und der Fertigwareenseite der Produzenten immer seltener artikelreine Ladeeinheiten versendet, was trotz aller Automatisierungserfolge im Materialfluss das vollautomatische Kommissionieren in Kälte derzeit technisch nicht realisierbar werden lässt. Stattdessen müssen die Einheiten von Hand kommissioniert werden, d.h. die Versandeinheit muss für den Auftrag aus vielen verschiedenen Artikeln manuell zusammengestellt werden. Das Kommissionieren in einem Tiefkühlzentrum bedingt somit die Notwendigkeit, dass sich das Personal längere Zeit im Temperaturbereich von +3°C für „Kühlware“ bzw. im Temperaturbereich um -24°C für „Tiefkühlware“ aufhalten muss. Dabei stellt das Umsetzen und Stapeln von bis zu 15 kg schweren Kartons für das Kommissionierpersonal allein bereits eine physisch anspruchsvolle Aufgabe dar. Durch die speziellen Arbeitsumgebungsbedingungen in den Tiefkühlzentren wird sie zusätzlich erschwert und führt zu einer außergewöhnlichen Doppelbelastung für den Menschen. Eine Beanspruchungserhöhung würde sich aber auch bei einer physischen „Nullbelastung“ ergeben, in diesem Fall allein durch Kälte, der nicht durch „wärmende Muskelarbeit“ entgegengewirkt wird. Dem Schutz der Angestellten der Tiefkühlzentren, insbesondere dem Personenkreis, der diesen Temperaturen ständig ausgesetzt ist, gebührt deshalb besondere Aufmerksamkeit. Daher sollte im Rahmen

des DFG-Forschungsvorhaben „Lebensalter und Kältearbeit“ hinsichtlich der Arbeitsbedingungen eine gründliche Analyse der Belastungsgrößen und Belastungsfaktoren, aber auch der Beanspruchung der betroffenen Arbeitnehmer vorgenommen werden. Dazu wurde zunächst eine Felduntersuchung zur Objektivierung der physischen Beanspruchung von Kältearbeit durchgeführt. Anschließend wurde das Kommissionierpersonal aus 24 Tiefkühlzentren in ausführlichen Interviews zu ihren Arbeitsbedingungen befragt.

## 2. Methodik

Nachdem in einem ersten Arbeitspaket unter realen Arbeitsbedingungen in schichtbegleitenden Ganztagsanalysen die Auswirkungen von Kältearbeit auf die Beanspruchung von Arbeitspersonen bei der Kommissioniertätigkeit mit Hilfe physiologischer Messungen ermittelt und bewertet wurden, um Kenntnisse über das Arbeiten in Kälte und die damit verbundene physische Beanspruchung des Körpers zu gewinnen (siehe Kluth et al. 2008a, b; Penzkofer et al. 2008a, b, 2009), war nun der Vergleich dieser Ergebnisse mit Befragungsergebnissen langjähriger, professioneller Kältekommissionierer zu dieser Thematik von Interesse. Die Befragung von 62 männlichen und 66 weiblichen Arbeitspersonen in 24 gewerblichen Tiefkühlzentren wurde mit Hilfe eines standardisierten Fragebogens mit insgesamt 57 Items durchgeführt. Die als strukturiertes Interview durchgeführte Befragung beschränkte sich dabei nicht nur auf die eigentliche Arbeitstätigkeit im Kühl- bzw. Tiefkühlbereich und ihre körperlichen Auswirkungen, wie z.B. Muskel- und Gelenkbeschwerden sowie Kälteempfindungen bzw. Erfrierungssymptome, sondern umfasste auch Fragen zur Arbeitsumgebung, zur Kälteschutzkleidung, zu den Arbeitsmitteln, zur Arbeitszeit-Pausen-Gestaltung und zur eigenen Motivation. In einem abschließenden Fragenkomplex sollten generelle Beurteilungen bzgl. der Beanspruchung und des Arbeitsplatzes vorgenommen werden. Zum Zeitpunkt der Befragung reichte die Altersstruktur der 128 Kommissionierer/innen von 19 bis 49 Jahren. Der Altersdurchschnitt lag bei ca. 35 Jahren, wobei die Männer (Ø 33 Jahre) im Allgemeinen etwas jünger waren als die im Tiefkühlzentrum beschäftigten Frauen (Ø 38 Jahre). Tabelle 1 gibt eine Übersicht über weitere charakteristische Angaben der Befragten, wie z.B. Größe, Gewicht oder BMI.

**Tabelle 1:** Kennzeichnende Merkmale der 128 befragten Tiefkühlkommissionierer/innen

Kennzeichnende Merkmale	Frauen (N=66)	Männer (N=62)	
Alter	37,6 ± 6,8	32,8 ± 6,2	[Jahre]
Größe	165,7 ± 5,6	180,2 ± 7,4	[cm]
Gewicht	68,8 ± 12,1	79,2 ± 10,5	[kg]
BMI	25,1 ± 4,4	24,4 ± 2,6	
Betriebszugehörigkeit	7,1 ± 3,2	6,1 ± 3,3	[Jahre]
Kommissioniertätigkeit in Kälte	5,5 ± 2,9	5,0 ± 3,2	[Jahre]
Tagesarbeitszeit	4,3 ± 0,6	6,5 ± 1,1	[h]

Unterschiede bzgl. der durchschnittlichen Tagesarbeitszeit ergeben sich aus der

vertraglichen Wochenarbeitszeit der Kommissionierer/innen. Während die Männer meist mit Vollzeitverträgen über 37,5 Stunden bzw. Teilzeitverträgen über 30 Stunden ausgestattet sind, werden Frauen üblicherweise mit Teilzeitverträgen von 20 Wochenstunden beschäftigt. Durch die doch sehr langen Erfahrungen der Angestellten mit der Kältearbeit ( $\bar{x}$  5,2 Jahre) kann davon ausgegangen werden, dass detaillierte und aussagekräftige Informationen über die Arbeitsbedingungen (d.h. die Arbeitsumgebung, die Kälteschutzkleidung, die Arbeitsmittel und die Arbeitszeitregelung), im Kühl- und Tiefkühlbereich sowie über die Arbeitstätigkeit an sich, vorliegen. Die Bewertungen der einzelnen Aspekte wurden anhand einer bipolaren Skala von -4 (sehr schlecht) bis +4 (sehr gut) vorgenommen.

### 3. Ergebnisse und Diskussion

#### 3.1. Beurteilung der Arbeitsbedingungen

Insgesamt wurde die Arbeitsumgebung – unter Berücksichtigung der Erreichbarkeit und der Nutzung der Pausenräume, des Geräuschpegels, der Luftfeuchtigkeit und evtl. auftretender Zugluft – sowohl von den männlichen ( $2,3 \pm 2,0$ ) als auch von den weiblichen Arbeitspersonen ( $2,8 \pm 1,3$ ) als „gut“ bewertet. Ähnliches konnte auch bei der Beurteilung der Kälteschutzkleidung festgestellt werden. Während die Männer die Kombination aus Komfort, Kälteschutz und Bewegungsfreiheit mit  $2,5 \pm 1,7$  bereits als „gut“ empfanden, war das Urteil der Frauen mit  $2,9 \pm 1,2$  wiederum noch etwas positiver. Kein Unterschied zeigte sich bei den Aussagen über die Bedienbarkeit der verwendeten Arbeitsmittel (Flurförderzeuge), die geschlechterunabhängig als „ziemlich gut“ bewertet wurde. Angaben zur Arbeitszeitregelung waren ein weiterer zentraler Themenkomplex des Fragebogens. Im Kühlbereich konnten erstmals deutliche geschlechtsspezifische Unterschiede festgestellt werden. Bei einer durchschnittlich 23 min längeren Arbeits- und 2 min kürzeren Pausenphase, bewerteten die Männer die Arbeitszeitregelung für diesen Kältebereich mit  $1,6 \pm 1,8$  zwar noch „ziemlich gut“ aber deutlich schlechter als die Frauen mit  $2,8 \pm 1,2$ . Im Tiefkühlbereich unterschieden sich die Arbeits- und Pausenphasen lediglich um 2 min, dennoch war auch hier das Urteil des weiblichen Personals deutlich besser als das der männlichen Kommissionierer ( $2,9 \pm 1,2$  bzw.  $2,1 \pm 1,8$ ). Ein Grund für die bessere Bewertung der Arbeitszeit-Pausenregelung durch die Frauen liegt sicherlich in ihrer insgesamt kürzeren Tagesarbeitszeit.

#### 3.2 Subjektive Beurteilung des körperlichen Befindens

Die Arbeit im Kühl-, insbesondere aber im Tiefkühlager mit Temperaturen um ca.  $-24^{\circ}\text{C}$  stellt erheblich höhere Anforderungen an die physische Leistungsfähigkeit des Körpers eines Tiefkühlkommissionierers als Kommissionierarbeit bei normaler Umgebungstemperatur. Neben der Kommissioniertätigkeit an sich, die zu einer zusätzlichen hohen körperlichen Beanspruchung führt, kann vor allem die regelmäßige Umstellung von den jahreszeitbedingt mehr oder weniger hohen Umgebungstemperaturen auf die Temperatur von  $+3^{\circ}\text{C}$  bzw.  $-24^{\circ}\text{C}$  zu Problemen führen. Allerdings beurteilten über die Hälfte der Befragten und erstaunlicherweise deutlich mehr Frauen (71% vs. 50% Männer) diese regelmäßige Temperaturumstellung als durchaus akzeptabel. Ähnlich verhielt es sich mit der Angabe negativer Kälteempfindungen. So verspürten etwa 80% der männlichen und „nur“ 60% der weiblichen Mitarbeiter nega-

tive Empfindungen an den Füßen und Zehen. Aufgrund der anatomischen und physiologischen Unterschiede zwischen Mann und Frau waren diese Ergebnisse so nicht zu erwarten, da der Mensch bei thermischen Belastungen den Gesetzen der Thermodynamik unterliegt und Männer diesbezüglich bessere Voraussetzungen beim Schutz gegen die Kälte zu haben scheinen. So muss bei größeren Temperaturgradienten zur Umgebung für die Erhaltung der normalen Körpertemperatur der Energieumsatz im Organismus erheblich gesteigert werden. Dieser ist bei Frauen niedriger als beim Mann, was zu einer deutlich verschlechterten Wärmebildung pro m<sup>2</sup> Hautoberfläche und Stunde führt. Eine wesentliche Quelle der Wärme ist – neben der Leber – die körperlich beanspruchte Muskulatur. Wenn man nun aber bedenkt, dass Frauen nur etwa 70% der Muskelkraft des Mannes besitzen und ihre Muskelmasse nur 36% anstatt 42% des Körpergewichtes des Mannes beträgt, sollte die Fähigkeit der Frau zur Wärmebildung zwangsläufig schlechter sein. Zwar kann der um ca. 10% höhere Fettanteil der Frau als Vorteil bei Wärmeverlusten angesehen werden, allerdings ist die weibliche Haut meist um 15% dünner als bei Männern und bietet somit eine schlechtere Isolation gegen den Wärmeverlust. Obwohl somit davon auszugehen ist, dass es bestimmte körperliche Voraussetzungen gibt, die für ein Arbeiten in Kälte vorteilhaft sind, wie z.B. dickeres subkutanes Fettgewebe oder aber mehr Muskelmasse, konnte letztlich keine Tendenz zu einem besonderen Körpertyp („kräftig“, „normal“, „sportlich“ oder „hager“) gefunden werden. Ebenso sollte das Verhältnis von Körperoberfläche und Körpervolumen entscheidend für die Wärmespeicherung sein. Männer haben im Vergleich zur Frau häufig ein im Verhältnis zur Oberfläche großes Volumen und können somit mehr lebenswichtige Körperwärme produzieren und speichern. Allerdings lassen die Befragungsergebnisse durchaus die Frage aufkommen, ob unter kurz- bis mittelfristigen Kältebelastungen Frauen tatsächlich wegen der morphologischen und stoffwechselbedingten Unterschiede im Nachteil sein müssen, oder ob sie sich durch eine geschlechtsspezifische vegetative und hormonelle Steuerung in die Lage versetzen können, der Kälte durch eine höhere Stoffwechselproduktivität in der Muskulatur zugunsten von Wärmeentwicklung zu widerstehen.

#### 4. Literatur

1. Kluth, K., Penzkofer, M. & Strasser, H. 2008a, Altersdifferenzierte Analyse und Beurteilung der Auswirkungen von Kältearbeit auf die Hautoberflächen- und Körperkerntemperatur männlicher Kommissionierer. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg.), Produkt- und Produktions-Ergonomie – Aufgabe für Entwickler und Planer. Dortmund: GfA-Press, S. 235-238.
2. Kluth, K., Penzkofer, M. & Strasser, H. 2008b, Physiological responses of core and skin temperature of two age groups to working in the cold at +3°C and -24°C, *Occupational Ergonomics*, 8, in press.
3. Penzkofer, M., Kluth, K. & Strasser, H. 2008a, Beanspruchungsreaktionen männlicher Arbeitspersonen auf Kälteexpositionen von +3°C und -24°C bei Kommissionierarbeit. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg.), Produkt- und Produktions-Ergonomie – Aufgabe für Entwickler und Planer. Dortmund: GfA-Press, S. 225-229.
4. Penzkofer, M., Kluth, K. & Strasser, H. 2008b, Heart rate and work pulses of two age groups associated with working in the cold at +3°C and -24°C, *Occupational Ergonomics*, 8, in press.
5. Penzkofer, M., Kluth, K. & Strasser, H. 2009, Physiologische Auswirkungen von Kältearbeit bei +3°C bzw. -24°C auf den Blutdruck. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg.), Arbeit, Beschäftigungsfähigkeit und Produktivität im 21. Jahrhundert. Dortmund: GfA-Press, S. 437-441.

Die Autoren bedanken sich ausdrücklich bei dem Lebensmitteldiscount-Unternehmen für die freundliche Unterstützung der Untersuchung im Rahmen des DFG-Forschungsvorhabens „Lebensalter und Kältearbeit“ (Projekt-Nr. DFG STR 392/5-1 und KL 2067/1-2).

# Vergleich des Klimaindex UTCI mit international standardisierten Verfahren zur Bewertung von Hitze- und Kältebelastungen

Peter BRÖDE<sup>1</sup> und Bernhard KAMPMANN<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Leibniz-Institut für Arbeitsforschung an der TU Dortmund (IfADo),  
Ardeystr. 67, D-44139 Dortmund*

<sup>2</sup> *Fachgebiet Arbeitsphysiologie, Arbeitsmedizin und Infektionsschutz,  
Fachbereich D, Bergische Universität Wuppertal,  
Gaußstraße 20, D-42119 Wuppertal*

**Kurzfassung:** Der mit Fördermitteln der EU entwickelte 'Universal Thermal Climate Index' (UTCI) hat den Anspruch, für alle Klimazonen und Jahreszeiten universell einsetzbar zu sein. Im Vergleich zu den Prognosen international standardisierter Verfahren zur Bewertung von Hitze- und Kältebelastungen zeigten die Werte des UTCI sowohl bei Hitze als auch bei Kälte plausible Ergebnisse. Dies belegt das Potential des UTCI, das Zusammenwirken von Temperatur, Feuchte, Wind und Wärmestrahlung in biometeorologischen Fragestellungen adäquat zu beschreiben.

**Schlüsselwörter:** Thermophysiologie, Kälte, Hitze, Belastung.

## 1. Einleitung

Die EU förderte im 7. Rahmenprogramm mit der COST Action 730 über einen Zeitraum von vier Jahren die Entwicklung eines 'Universal Thermal Climate Index' (UTCI) zur Bewertung der Beanspruchungsreaktionen auf Kälte- und Hitzebelastungen (Kampmann et al. 2008). Grundlage dieses Bewertungsverfahrens ist ein komplexes thermoregulatorisches Rechenmodell, das verschiedene Beanspruchungsgrößen des Körpers bei unterschiedlichen Klimabedingungen simuliert (Bröde et al. 2009). Der daraus in Form einer Äquivalenztemperatur entwickelte Index ermöglicht den Vergleich und die Bewertung der Wirkungen von Lufttemperatur, Luftfeuchte, Wärmestrahlung und Luftgeschwindigkeit.

Der UTCI verfolgt dabei den Anspruch, für alle Klimazonen und Jahreszeiten sowie geographisch sowohl in urbanen Anwendungen als auch regional und global gültig und in diesem Sinn universell einsetzbar zu sein.

Zur ersten Überprüfung dieser Zielsetzung vergleicht dieser Beitrag die Prognosen des UTCI bei Hitze und Kälte mit den Werten international standardisierter Verfahren zur Bewertung von Hitze- und Kältebelastungen.

## 2. Methode

Für diesen Vergleich standen die Werte des UTCI für unterschiedliche Klimabedingungen zur Verfügung, in denen die Lufttemperatur ( $t_a$ ) zwischen  $-50\text{ °C}$  und  $+50\text{ °C}$ , die (in 10 m Höhe gemessene) Luftgeschwindigkeit von  $0.5\text{ m/s}$  bis  $30\text{ m/s}$ , die relative Luftfeuchte zwischen  $0\%$  und  $100\%$  und die mittlere Strahlungstemperatur ( $t_r$ ) von  $30\text{ K}$  unterhalb bis  $60\text{ K}$  oberhalb der Lufttemperatur variierte.



Die Reaktion des UTCI auf Hitzebelastungen durch erhöhte Temperatur und Feuchte sowie durch Wärmestrahlung wurde mit den charakteristischen Werten der Indizes ‚Wet Bulb Globe Temperature‘ (WBGT, ISO 7243 1989) und ‚Predicted Heat Strain‘ (PHS, ISO 7933 2004) verglichen.

Für den Vergleich mit dem PHS wurde die Begrenzung der Expositionszeit (‚Duration Limited Exposure‘, DLE) als Dauer bis zum Überschreiten einer Körperkerntemperatur von 38 °C für eine nicht-akklimatisierte Person berechnet. Die Lufttemperatur variierte dabei von 20 °C bis 50 °C, die Bekleidungsisolations betrug 0.5 clo und der Energieumsatz 135 W/m<sup>2</sup>. Entsprechend der Gehgeschwindigkeit von 4 km/h bei Windstille betrug die relative Luftgeschwindigkeit ( $v_{ar}$ ) 1.15 m/s. Der Einfluss von Hitze und Feuchte wurde bei  $t_r=t_a$  mit Wasserdampfdruck-Werten bis zu 5 kPa untersucht, die Wirkung von Wärmestrahlung mit  $t_r-t_a$  von 0 °C bis 60 °C mit 50% relativer Feuchte bzw. einem Wasserdampfdruck von maximal 2 kPa.

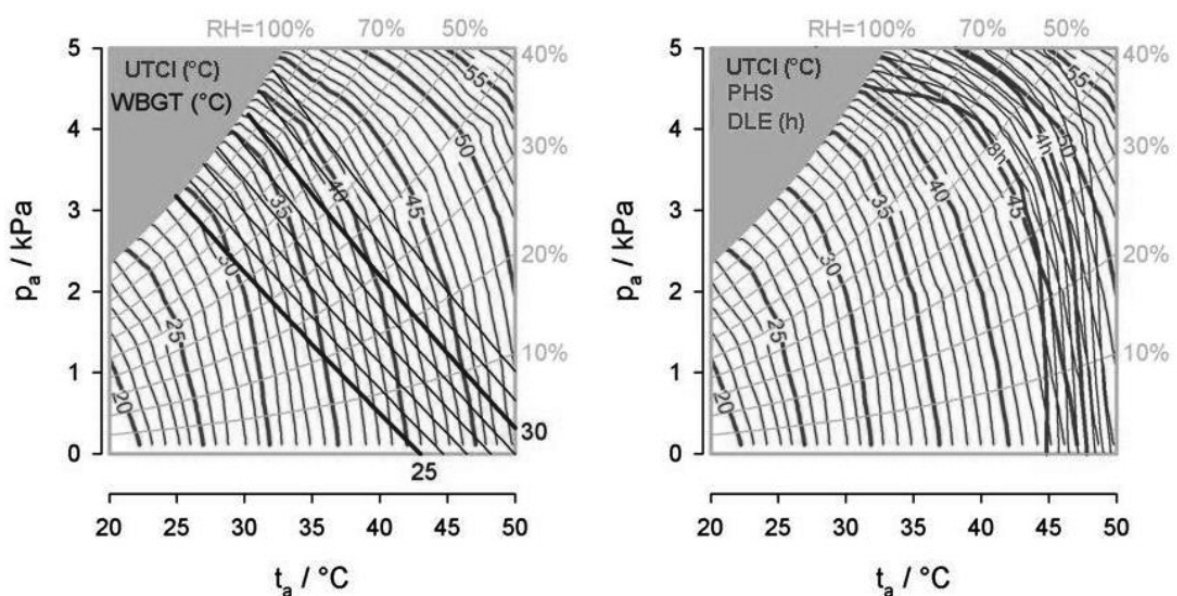
Die Veränderung der Werte des UTCI bei Kältebelastungen durch erhöhte Luftgeschwindigkeiten bei Temperaturen unterhalb des Gefrierpunkts wurde mit den Werten der ‚Wind-Chill-Temperatur‘ (WCT, DIN EN ISO 11079 2008) verglichen.

### 3. Ergebnisse

#### 3.1 Bewertung von Hitzebelastungen

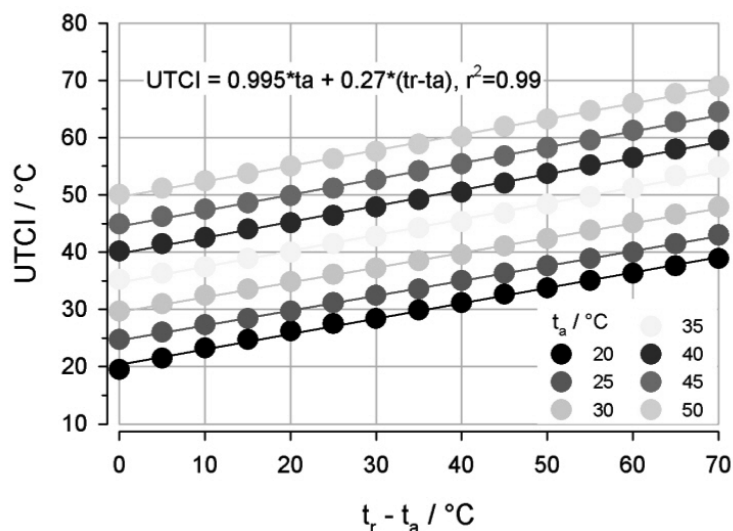
Die Simulationsrechnungen ergaben, dass UTCI und PHS das Zusammenwirken von Temperatur und Feuchte in qualitativ ähnlicher Weise beschreiben. Dies gilt bei der im feuchten Klima höheren Beanspruchung auch für den WBGT, während bei trockenen Bedingungen der Einfluss der Feuchte vom WBGT stärker bewertet wird als von PHS und UTCI (vgl. Abbildung 1).

Sowohl UTCI als auch PHS zeigen eine mit der Wärmestrahlung ansteigende Wirkung. Dabei entspricht ein Anstieg der mittleren Strahlungstemperatur um 10 °C einer Erhöhung der Lufttemperatur um etwa 3 °C beim UTCI (Abbildung 2), und um etwa 4 °C beim PHS (Abbildung 3).

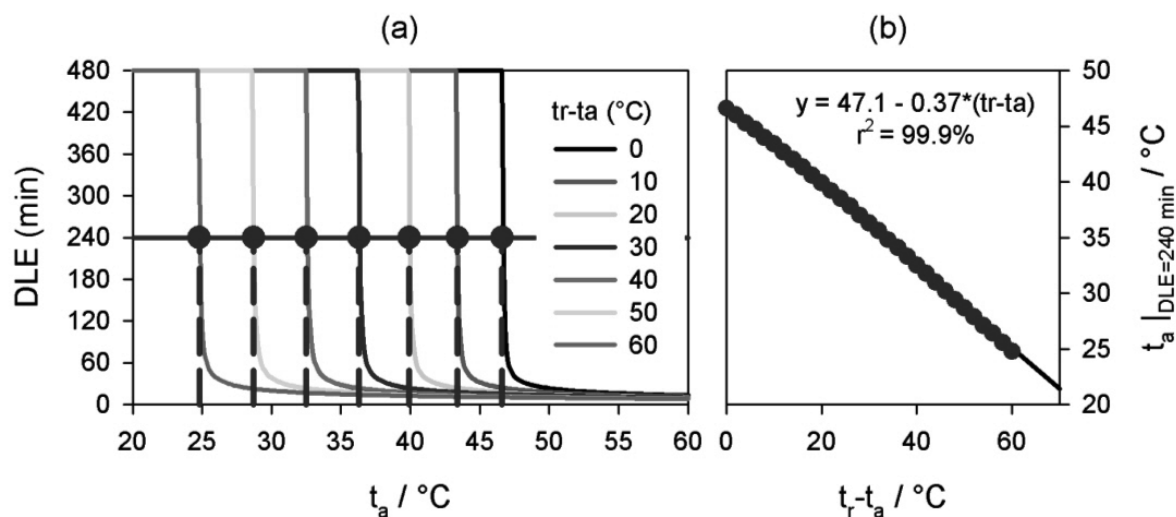


**Abbildung 1:** Wirkung von Lufttemperatur und Feuchte auf UTCI verglichen mit WBGT (links) und PHS (rechts) bei Windstille ( $v_{ar}=1.15$  m/s) und  $t_r=t_a$

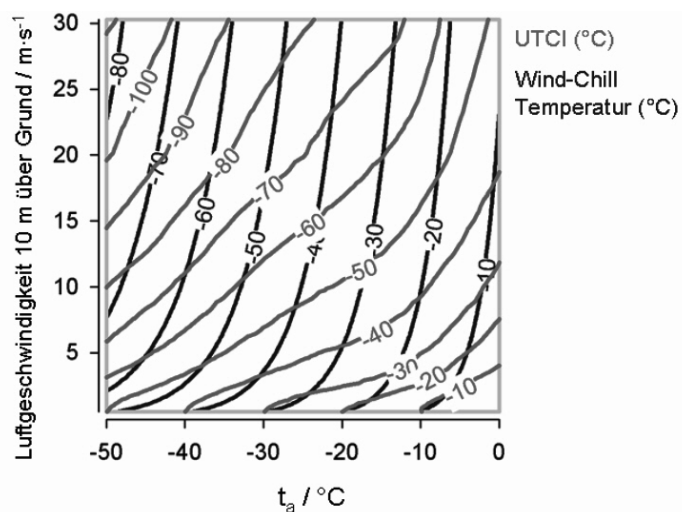




**Abbildung 2:** UTCI in Abhängigkeit von Luft- und Strahlungstemperatur bei Windstille und 50% rel. Feuchte (bzw. Wasserdampfdruck max. 2 kPa).



**Abbildung 3:** Vom PHS abhängig von Luft- und Strahlungstemperatur begrenzte Expositionszeit (DLE) (a) und ‚Halbwert-Lufttemperatur‘ in Relation zu  $tr-ta$  (b).



**Abbildung 4:** Äquivalenzlinien des UTCI und der Wind-Chill Temperatur für unterschiedliche Lufttemperaturen und -geschwindigkeiten bei 50% rel. Feuchte und  $tr=ta$ .

### 3.2 Bewertung von Kältebelastungen

Wie die in Abbildung 4 nach rechts oben ansteigenden Äquivalenzlinien zeigen, nimmt die Kältebelastung sowohl beim UTCI als auch bei der ‚Wind-Chill-Temperatur‘ (WCT) mit der Windgeschwindigkeit zu, wobei dieser Effekt für Luftgeschwindigkeiten oberhalb von etwa 3 m/s beim UTCI stärker ausgeprägt ist als bei der WCT.

## 4. Diskussion und Schlussfolgerung

Der UTCI beschreibt Wärmebelastungen qualitativ, bzgl. der Wirkung von Wärmestrahlung auch quantitativ, in ähnlicher Weise wie der PHS. Ein Vergleich der vorhergesagten Rektaltemperatur mit in Probandenversuchen bei Hitze und Feuchte registrierten Werten zeigte zudem (Kampmann et al. 2009; Kampmann & Bröde 2009), dass das dem UTCI zugrunde liegende Simulationsmodell genauere Vorhersagen liefert als PHS und WBGT.

Die im Vergleich zur WCT stärkere Kälte-Reaktion unter Windeinwirkung beim UTCI ist sicherlich darauf zurückzuführen, dass die WCT sich auf die lokale Abkühlung des Gesichts bezieht, während der UTCI die Reaktion des Gesamtorganismus beschreibt. Daher sollte der Vergleich mit dem auf der Gesamt-Wärmebilanz beruhenden Index IREQ (‚Required Insulation‘, DIN EN ISO 11079 2008) fortgeführt werden.

Insgesamt belegen die Ergebnisse das Potential des UTCI, das Zusammenwirken von Temperatur, Feuchte, Wind und Wärmestrahlung in biometeorologischen Fragestellungen sowohl in Hitze als auch bei Kälte adäquat zu beschreiben.

## 5. Literatur

1. Bröde, P., Fiala, D., Kampmann, B., Havenith, G. & Jendritzky, G. 2009, Der Klimaindex UTCI - Multivariate Analyse der Reaktion eines thermophysiological Simulationsmodells. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg.), Arbeit, Beschäftigungsfähigkeit und Produktivität im 21. Jahrhundert. Dortmund: GfA-Press, S. 705-708.
2. DIN EN ISO 11079 2008, Ergonomie der thermischen Umgebung - Bestimmung und Interpretation der Kältebelastung bei Verwendung der erforderlichen Isolation der Bekleidung (IREQ) und lokalen Kühlwirkungen. Berlin: Beuth Verlag.
3. ISO 7243 1989, Hot environments; estimation of the heat stress on working man, based on the WBGT-index (wet bulb globe temperature). Geneva: International Organisation for Standardisation.
4. ISO 7933 2004, Ergonomics of the thermal environment - Analytical determination and interpretation of heat stress using calculation of the predicted heat strain. Geneva: International Organisation for Standardisation.
5. Kampmann, B. & Bröde, P. 2009, Physiological responses to Temperature and Humidity compared with Predictions of PHS and WBGT. In: J.W. Castellani & T.L. Endrusick (Ed.), Environmental ergonomics XIII, 13th International Conference on Environmental Ergonomics. Wollongong: University of Wollongong, S. 54-58.
6. Kampmann, B., Bröde, P., Fiala, D., Ilmarinen, R., Havenith, G. & Jendritzky, G. 2009, Der Klimaindex UTCI – Validierung der Vorhersagen eines thermophysiological Simulationsmodells der menschlichen Beanspruchung als Funktion von Hitze und Feuchte. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg.), Arbeit, Beschäftigungsfähigkeit und Produktivität im 21. Jahrhundert, Dortmund: GfA-Press, S. 709-712.
7. Kampmann, B., Bröde, P., Havenith, G. & Jendritzky, G. 2008, Der Entwicklungsstand des klimatischen Belastungs-Index UTCI (Universal Thermal Climate Index). In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg.), Produkt- und Produktions-Ergonomie - Aufgabe für Entwickler und Planer. Dortmund: GfA-Press, S. 243-246.

# Der Anteil von thermischen Pulsen an der Herz-Kreislauf-Beanspruchung während Grubenwehrübungen

Bernhard KAMPMANN<sup>1</sup> und Georg BRESSER<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Fachgebiet Arbeitsphysiologie, Arbeitsmedizin und Infektionsschutz,  
Fachbereich D, Bergische Universität Wuppertal,  
Gaußstraße 20, D-42119 Wuppertal*

<sup>2</sup> *Hauptstelle für das Grubenrettungswesen, Deutsche Steinkohle AG,  
Shamrockring 1, D-44623 Herne*

**Kurzfassung:** Bei der Auswertung von 71 Grubenwehrübungen ergibt sich ein Anstieg der Herzschlagfrequenz mit der Körpertemperatur während Ruhephasen von 32,1 min-1/°C; dies führt zu einer Erhöhung der Herz-Kreislauf-Beanspruchung gegen Ende der Übung von im Mittel etwa 42 min-1, die durch die Zunahme der Körpertemperatur bedingt ist. Der ermittelte Anstieg entspricht den Ergebnissen anderer Untersuchungen.

**Schlüsselwörter:** Herzschlagfrequenz, thermische Pulse, Körpertemperatur, Grubenwehr.

## 1. Einleitung

Unter Hitzebelastung wird die Peripherie des Körpers stärker durchblutet, weil dort – in den Hautarealen – Wärme durch Konvektion und Verdampfungskühlung an die Umgebung abgegeben werden kann. Die Erhöhung der Herzschlagfrequenz mit ansteigender Körpertemperatur lässt sich beispielsweise unter Untersuchungsbedingungen mit konstanter Arbeitsbelastung bei unterschiedlicher Klimabelastung untersuchen oder auch in Arbeitspausen, in denen – nach dem Ende dynamischer Körperarbeit – die Herzschlagfrequenz sehr viel schneller zurückgeht als die Körpertemperatur. Nach Vogt et al. (1976) reichen Ruhepausen von 4 Minuten Dauer aus, damit am Ende der Pause die Erhöhung der Herzschlagfrequenz nur noch von der Erhöhung der Rektaltemperatur abhängt.

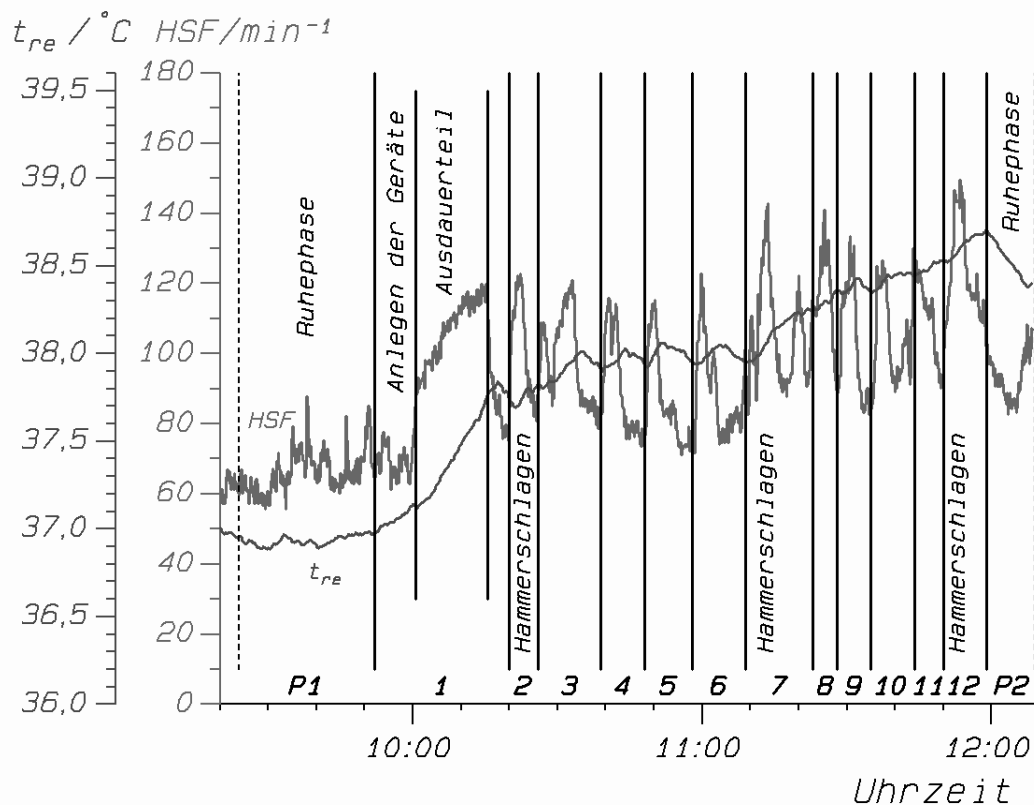
Um den Anstieg der Herzschlagfrequenz mit ansteigender Körpertemperatur über einer großen Spanne der Körpertemperatur untersuchen zu können, ist es von Vorteil, wenn die Körpertemperatur auf hohe Werte ansteigt. Oberhalb einer Rektaltemperatur von etwa  $t_{re} = 38,0\text{ °C}$  stellen sich aber kaum noch thermoregulatorische Gleichgewichte stationär ein. Hier bieten sich Untersuchungen an, bei denen die Körpertemperatur kontinuierlich ansteigt. – Im Folgenden werden Daten einer Standard-Grubenwehrübung analysiert, bei der der Anstieg der Körpertemperatur nicht so sehr durch die Umgebungstemperatur ( $t_a = 30\text{ °C}$ ) sondern durch die schwere dynamische Körperarbeit mit schwerem Atemschutz in Schutzkleidung bedingt ist.

## 2. Methode

Aus Untersuchungen standardisierter Grubenwehrübungen (Bresser & Kampmann 1997) – in Schutzkleidung und mit schwerem Atemschutz – stehen Daten für 71 Grubenwehrmitglieder zur Verfügung. Es wurden Werte von Herzschlagfrequenz

(HSF) und Körpertemperatur ( $t_{re}$ ) aus verschiedenen Übungsabschnitten für eine Auswertung verwendet (vgl. Abbildung 1): zu Beginn der Übung als Ausgangswerte ("P1"), sowie etwa in der Mitte (Abschnitt "5") und gegen Ende der Übung (Abschnitt "10") in Übungsabschnitten, in denen Pausen von mindestens 4 Minuten Dauer für Messaufgaben und/oder zum Ausruhen vorgesehen waren. Die Ruhephase vor der Übung dauerte im Mittel für die 71 Übungsteilnehmer 28 Minuten. – Der letzte Übungsabschnitt (Abschnitt "12") eignet sich nicht für die Auswertung, weil nach dem Ende der schweren dynamischen Körperarbeit die Körpertemperatur – durch die Umverteilung des in den Muskeln erwärmten Blutes – noch weiter ansteigt.

Da insbesondere das registrierte Minimum der Herzschlagfrequenz empfindlich von Fehltriggerungen abhängt (bedingt durch z.B. starke Schwankungen der Grundlinie des EKGs bei schweißbedeckter Haut oder durch überlagerte elektromyographische Potentiale beim Kriechen oder Klettern während der Übung) wurde für HSF und  $t_{re}$  jeweils das 5. Perzentil der Verteilung im betrachteten Übungsabschnitt als Parameter für die Auswertung gewählt.



**Abbildung 1:** Verlauf von Herzschlagfrequenz (HSF) und Körpertemperatur ( $t_{re}$ ) für ein Mitglied der Grubenwehr während einer Standard-Grubenwehrübung

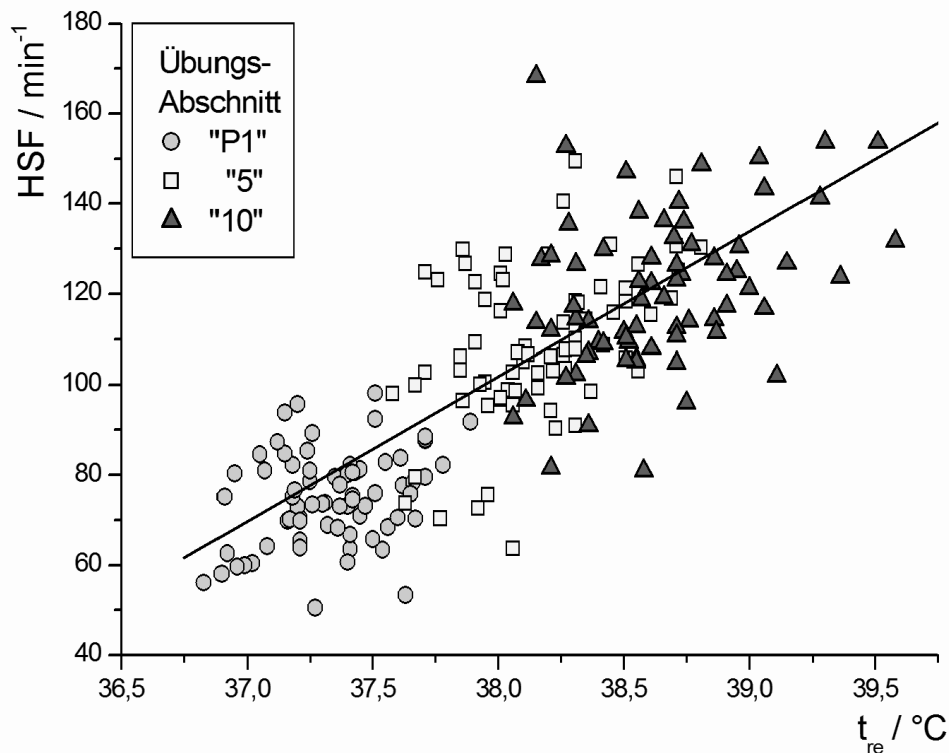
### 3. Ergebnisse

Abbildung 2 zeigt die Abhängigkeit der Herzschlagfrequenz (HSF) von der Rektaltemperatur ( $t_{re}$ ) in den Übungsabschnitten "P1", "5" und "10" jeweils für die 5. Perzentile.

Für den Zusammenhang von Herzschlagfrequenz und Körpertemperatur ergibt sich für die 5. Perzentile (Mittelwert  $\pm$  Std.-Abw.):

$$HSF / \text{min}^{-1} = (32,1 \pm 1,7)t_{re} / ^\circ\text{C} - (1118 \pm 64) \quad (r = 0,80; p < 10^{-4}).$$

Bei einem mittleren Anstieg der Körpertemperatur von 37,3 °C auf 38,6 °C vom ersten bis zum dritten der betrachteten Übungsabschnitte entspricht dies einem Anstieg der mittleren Herzschlagfrequenz von 42 min<sup>-1</sup> („thermische Pulse“) der durch die Erhöhung der Körpertemperatur bedingt ist.



**Abbildung 2:** Abhängigkeit der Herzschlagfrequenz (HSF) von der Rektaltemperatur ( $t_{re}$ ) für jeweils die 5. Perzentile in den Übungsabschnitten "P1", "5" und "10" einer Standard-Grubenwehrübung für 71 Übungsteilnehmer

#### 4. Diskussion

Tabelle 1 stellt Ergebnisse anderer Studien dar. In allen Studien variiert der Anstieg der Herzschlagfrequenz mit der Körpertemperatur interindividuell stark. Die Untersuchungsbedingungen in den verschiedenen Untersuchungen variieren jeweils:

- Pirnay et al. 1969: 0,5 Stunden Laufbandarbeit bei hoher Klimabelastung; Beanspruchung oberhalb eines thermoregulatorischen Gleichgewichts.
- Vogt et al. 1971: abwechselnd Arbeit und Ruhe; insgesamt 140 Minuten Exposition.
- Kamon & Belding 1971: 2 Stunden Exposition bei unterschiedlichen Arbeitsschweren.
- Kuhlemeier & Miller 1978: Messung nach einer Stunde Gehen bei unterschiedlichen Arbeitsschweren und Raumtemperaturen.
- Kampmann 2000: Laufbandarbeit 3 Std. in Klimakammern; thermoregulatorisches Gleichgewicht.

Soweit in den Veröffentlichungen aufgeführt, ist neben dem Mittelwert auch die Spanne der Anstiegskoeffizienten sowie der Bereich der Körperkerntemperaturen, innerhalb dessen die Anstiegskoeffizienten ermittelt wurden, angegeben.

**Tabelle 1:** Anstieg der Herzschlagfrequenz mit der Körpertemperatur in verschiedenen Untersuchungen.

	Anzahl der Probanden	Anstieg $\Delta\text{HSF} / \Delta t_{\text{re}} / \text{min}^{-1}/^{\circ}\text{C}$		Bereich von $t_{\text{re}}$
		Mittelwert	Minimum - Maximum	
Pirnay et al. 1969	23	32,3	21 – 46	36.5 – 39.2 ( $t_{\text{lymp}}$ )
Vogt et al. 1971	9	33,5	16 – 60	37.2 – 38.6
Kamon & Belding 1971	9	34,5	22 - 61	
Kamon 1971 Fig. 5 (3 andere Studien)		28,6	–	37.5-39.9
Kuhlemeyer & Miller 1978	46	29,3	–	36.8 – 39.2
Kampmann 2000	7	41,4	37 – 54	36.8 – 38.5
diese Studie	71	32,1	–	36.8 – 40,1

Der hier ermittelte Wert des Anstiegs der Herzschlagfrequenz mit der Körperkern-temperatur von  $32,1 \text{ min}^{-1}/^{\circ}\text{C}$  entspricht gut den Ergebnissen anderer Untersuchungen in Tabelle 1, obwohl bei einer Grubenwehrübung die Erhöhung der Körpertemperatur entscheidend durch die schwere Körperarbeit unter Schutzkleidung bei eher geringer Hitzebelastung verursacht wird.

Der Zusammenhang zwischen Herzschlagfrequenz und Körpertemperatur ist wichtig z.B. für die Interpretation der Daten aus Felduntersuchungen sowie für mathematische Modelle der Thermoregulation, in denen die Herzschlagfrequenz (bzw. der cardiac output) für vorgegebene Arbeitsschweren bei erhöhter Körperkerntemperatur errechnet werden soll.

## 5. Literatur

1. Bresser, G. & Kampmann, B. 1997, Weiterentwicklung eines Verfahrens zur Ermittlung der Wärmeverträglichkeit von Grubenwehrmitgliedern. Schlußbericht zum Untersuchungsvorhaben, Überarbeitete Fassung. Herne: Hauptstelle für das Grubenrettungswesen.
2. Kamon, E. & Belding, H.S. 1971, Heart rate and rectal temperature relationships during work in hot humid environments. *Journal of Applied Physiology*, 31.3, 472-477.
3. Kampmann, B. 2000, Zur Physiologie der Arbeit in warmem Klima. Ergebnisse aus Laboruntersuchungen und aus Feldstudien im Steinkohlenbergbau, Habilitationsschrift. Wuppertal: Bergische Universität Wuppertal. Im Internet verfügbar: <http://elpub.bib.uni-wuppertal.de/edocs/dokumente/fb14/habi2000/kampmann>.
4. Kuhlemeier, K.V. & Miller, J.M. 1978, Pulse rate-rectal temperature relationship during prolonged work, *Journal of Applied Physiology: Respiratory, Environmental and Exercise Physiology*, 44.3, 450-454.
5. Pirnay, F., Petit, J.M. & Deroanne, R. 1969, Evolution comparée de la fréquence cardiaque et de la température corporelle pendant l'exercice musculaire à haute température, *Internationale Zeitschrift für angewandte Physiologie*, 28.1, 23-30.
6. Vogt, J.-J., Foehr, R., Seywert, L. 1976, Die Bewertung der motorischen und thermischen Belastung durch fortlaufende Messung der Pulsfrequenz am Arbeitsplatz. *Zeitschrift für Arbeitswissenschaft*, 30, 165-170.



# Sprachverständlichkeit als Führungsgröße zur Gestaltung von Büroumgebungen: Hinweise aus Feld- und Laboruntersuchungen

Andreas LIEBL

*Fraunhofer Institut Bauphysik,  
Nobelstraße 12, D-70569 Stuttgart*

**Kurzfassung:** Trotz normgerechter und gut gemeinter akustischer Gestaltung fallen die Urteile der Mitarbeiter zu den akustischen Rahmenbedingungen insbesondere in Mehrpersonenbüros häufig negativ aus. Die Unzufriedenheit der Mitarbeiter bezieht sich weniger auf technische Geräusche als vielmehr auf das Ausmaß der wahrnehmbaren Gespräche von Kollegen. Sich den, für die eigene Arbeitsaufgabe irrelevanten Gesprächen von Kollegen nicht entziehen zu können, ist nicht nur lästig, sondern beeinträchtigt auch die individuelle kognitive Leistungsfähigkeit. Als geeignete physikalische Führungsgröße zur Vorhersage des Störpotentials sowie als Zielgröße zur akustischen Gestaltung von Büro-umgebungen erweist sich der Speech Transmission Index.

**Schlüsselwörter:** Bürolärm, Mitarbeiterzufriedenheit, Leistungsfähigkeit, Sprachverständlichkeit.

## 1. Einleitung

Der Anteil geistiger Tätigkeiten, die Arbeit mit Wissen und Informationen, nimmt in der Arbeitswelt kontinuierlich zu. Diese Arbeit wird überwiegend in Büroumgebungen erbracht. Bereits heute existieren in Deutschland 17 bis 20 Millionen Büro- oder büroähnliche Bildschirmarbeitsplätze.

Lärm ist eine der häufigsten Quellen von Beschwerden in Büroumgebungen (Sundstrom et al. 1994; Banbury & Berry 2005). Er beeinträchtigt das physische und psychische Wohlbefinden (Donald & Siu 2001), verringert die Arbeitszufriedenheit (Leather et al. 2003) und kann eine Zunahme des Krankenstandes (Fried et al. 2002) bedingen. Zudem belegen Untersuchungen negative Auswirkungen auf die kognitive Leistungsfähigkeit (Schlittmeier et al. 2008; Hongisto 2005).

Die Optimierung der akustischen Rahmenbedingungen leistet demnach einen Beitrag zur Gesundheit, Behaglichkeit und Leistungsfähigkeit der Beschäftigten und ist folglich sowohl ökonomisch sinnvoll als auch sozial erstrebenswert.

Für die akustische Gestaltung von Büroarbeitsplätzen sind teilweise Jahrzehnte alte Anforderungen vorhanden (z.B. VDI 2569 1990), die den Erfahrungen in der Praxis nicht mehr gerecht werden, so dass deren Einhaltung keine gute Akustik garantiert. Als geeignete Führungsgröße werden aktuell die Verständlichkeit von Gesprächen in der Umgebung und damit der Speech Transmission Index (STI) als physikalischer Parameter diskutiert (Virjonen et al. 2009).

Im Folgenden Beitrag wird zum einen die Rolle von Sprachschall in Büroumgebungen dokumentiert und zum anderen der Zusammenhang zwischen dem STI und der kognitiven Leistungsfähigkeit von Probanden belegt.

## 2. Methode

Um die Bedeutung der akustischen Verhältnisse in Büroumgebungen zu dokumentieren wurde in einem Unternehmen eine Mitarbeiterbefragung durchgeführt. Der Zusammenhang zwischen dem STI und der kognitiven Leistungsfähigkeit wurde anhand einer Laboruntersuchung beleuchtet.

### 2.1 Mitarbeiterbefragung – Bedeutung von Sprachschall in Büroumgebungen

Die Mitarbeiterbefragung wurde als anonyme Online-Umfrage durchgeführt. Insgesamt gingen 659 vollständig ausgefüllte Fragebögen ein, die Beteiligungsquote lag damit bei ca. 48%. Die Befragung umfasste im Wesentlichen zwei Teile. Der erste Teil bezog sich auf verschiedene Aspekte der Arbeitsanalyse. Der Fokus des zweiten Teils lag auf der spezifischen Gestaltung des Arbeitsplatzes.

Zum einen kam ein Kurzfragebogen zur Arbeitsanalyse (Prümper et al. 1995) zum Einsatz, welcher anhand von 26 Items 11 verschiedene Faktoren erfasst, nämlich Handlungsspielraum, Vielseitigkeit, Ganzheitlichkeit, Soziale Rückendeckung, Zusammenarbeit, Qualitative Arbeitsbelastung, Quantitative Arbeitsbelastung, Arbeitsunterbrechungen, Umgebungsbelastungen, Information und Mitsprache sowie Betriebliche Leistungen.

Zum anderen wurde ein umfangreicher Fragebogen zur Arbeitsplatzgestaltung eingesetzt. Dieser beinhaltete Fragen zur Lage des Arbeitsplatzes sowie zur Arbeitstätigkeit. Weitere Fragenkomplexe bezogen sich auf den Arbeitsplatz und die Arbeitsplatzgestaltung, die individuellen Kontrollmöglichkeiten, das Raumklima, die Beleuchtung, die Akustik sowie die Aspekte Sauberkeit und Wartung. Ergänzend wurden Daten zum persönlichen Hintergrund der Teilnehmer erfasst.

Die Urteilsabgabe erfolgte jeweils anhand einer 7-stufigen Urteilsskala. Dabei wurde der Grad der Zustimmung zu den, in den einzelnen Items formulierten Aussagen abgefragt. Die Pole der Skala waren mit den verbalen Ankern „stimme überhaupt nicht zu“ und „stimme voll und ganz zu“ bzw. „sehr unzufrieden“ und „sehr zufrieden“ versehen. Die einzelnen Urteilsstufen waren mit numerischen Werten von -3 bis +3 gekennzeichnet.

### 2.2 Laboruntersuchung – Zusammenhang zwischen STI und Leistungsfähigkeit

Im Rahmen der Laboruntersuchungen ( $n=24$ ) wurden die akustischen Bedingungen im Messwiederholungsdesign variiert und deren Auswirkungen auf die kognitive Leistungsfähigkeit sowie das subjektive Empfinden untersucht.

Die akustischen Variationen umfassten die Darbietung 12 kontinuierlicher Sprachsignale, als Störschall mit jeweils unterschiedlichem STI (0,24 bis 0,81). Der STI wurde durch den Signal-Rausch-Abstand zwischen Sprachsignal und beigemischtem Rauschen variiert.

Als Leistungstest wurde die sog. Zahlenspannenaufgabe eingesetzt. Diese misst die Kapazität des verbalen Arbeitsgedächtnisses und erfordert das serielle Erinnern und die Wiedergabe einer Folge (üblicherweise 6 bis 9) von Ziffern oder Buchstaben.

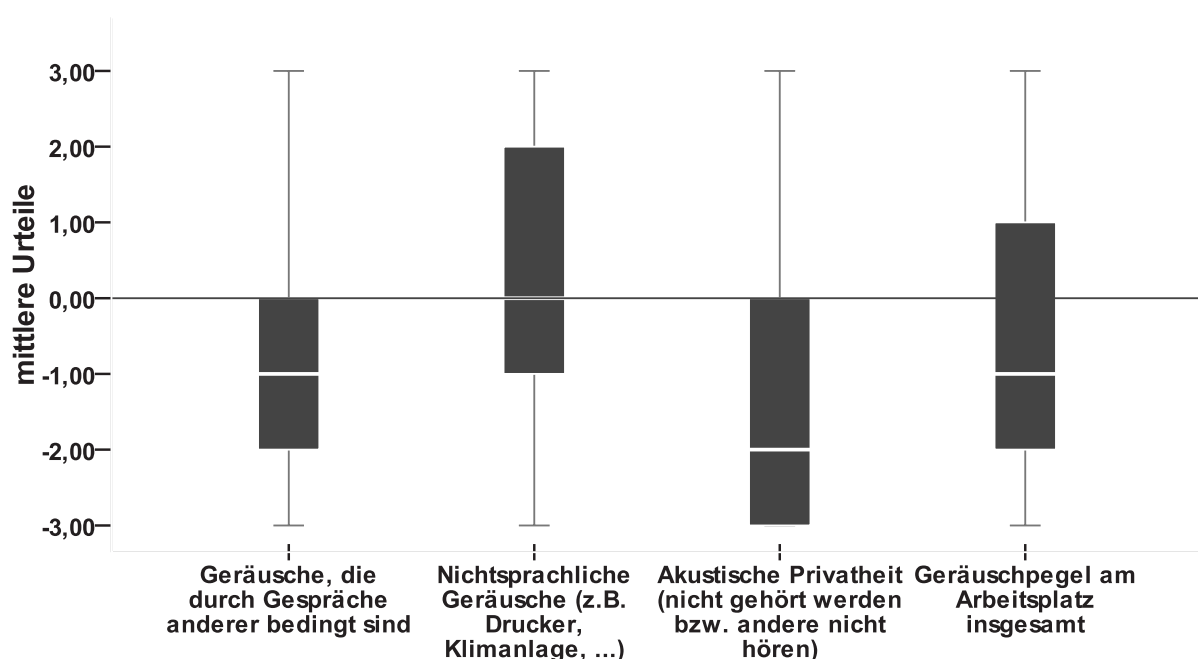
Zusätzlich wurden die akustischen Szenarien anhand 7-stufiger Urteilsskalen subjektiv beurteilt. Die Pole der Skalen waren mit den verbalen Ankern „trifft überhaupt nicht zu“ (-3) und „trifft völlig zu“ (+3) gekennzeichnet. Die Probanden sollten urteilen, wie sehr sie Aussagen, wie „Ich konnte mich gut konzentrieren“ oder „Die Hintergrundgeräusche empfand ich als lästig“, zustimmten.

### 3. Ergebnisse

Aufgrund des Umfangs können die Ergebnisse der Mitarbeiterbefragung sowie der Probandenuntersuchung hier nur auszugsweise berichtet werden.

#### 3.1 Mitarbeiterbefragung – Bedeutung von Sprachschall in Büroumgebungen

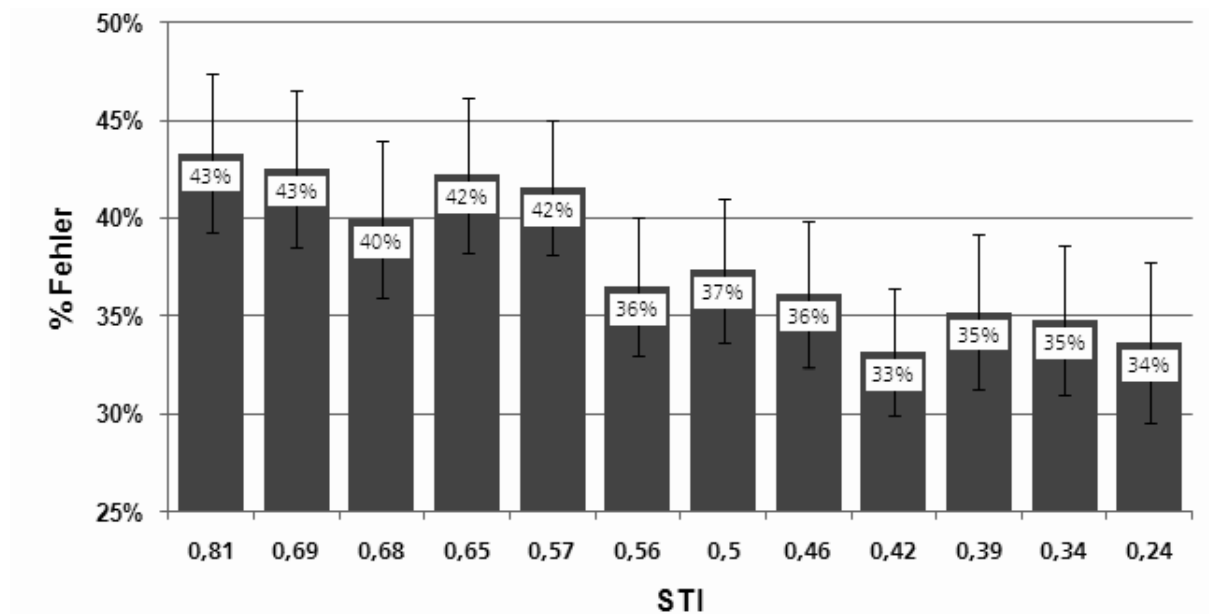
Die Zufriedenheit der Teilnehmer der Mitarbeiterbefragung mit verschiedenen Aspekten der akustischen Umgebungsbedingungen wird in Abbildung 1 anhand von Boxplots veranschaulicht. Das Ausmaß der Störung durch Gespräche anderer sowie der Mangel akustischer Privatheit am Arbeitsplatz wird von etwa 75% der Befragten negativ empfunden. Nichtsprachliche Geräusche stellen im Vergleich dazu ein geringeres Problem dar.



**Abbildung 1:** Urteile zur Zufriedenheit der Teilnehmer einer Mitarbeiterbefragung ( $n=659$ ) hinsichtlich verschiedener Dimensionen der Raumakustik, dargestellt anhand von Boxplots. Die Urteilsabgabe erfolgte anhand einer 7-stufigen Urteilsskala. Die Pole der Skala waren mit den verbalen Ankern „sehr unzufrieden“ und „sehr zufrieden“ versehen. Die einzelnen Urteilsstufen waren mit numerischen Werten von -3 bis +3 gekennzeichnet

#### 3.2 Laboruntersuchung – Zusammenhang zwischen STI und Leistungsfähigkeit

Die varianzanalytische Auswertung der Fehlerraten bei Bearbeitung der Zahlenspannenaufgabe in Abhängigkeit vom STI der dargebotenen Hintergrundschalle ergibt einen hochsignifikanten Effekt ( $F(11,253)=5.45$ ,  $p<.01$ ,  $\eta^2=.19$ ). Abbildung 2 veranschaulicht diesen Zusammenhang zwischen dem STI und den mittleren Fehlerraten bei Bearbeitung der Zahlenspannenaufgabe.



**Abbildung 2:** Fehlerraten und Standardfehler bei Bearbeitung der Zahlenspannenaufgabe in Abhängigkeit von der Darbietung von Hintergrundsprechen mit verschiedenem STI.

Die weitere Analyse anhand paarweiser Vergleiche (Korrektur des Alphafehlerniveaus nach Bonferoni) zeigt, dass die Fehlerraten ab einem STI von 0,57 mehrheitlich signifikant höher ausfallen, als bei geringeren STI-Werten. Vergleiche der Fehlerraten unter Darbietung von Hintergrundsprechen innerhalb der Gruppe der STI-Werte von  $\geq 0,57$  bzw. innerhalb der Gruppe der STI-Werte von  $\leq 0,56$  fallen hingegen mehrheitlich nicht signifikant aus. Auf Grundlage dieser Ergebnisse wäre ein  $STI < 0,5$  in Büroumgebungen anzustreben.

#### 4. Literatur

1. Banbury, S.P. & Berry, D.C. 2005, Office noise and employee concentration: Identifying causes of disruption and potential improvements, *Ergonomics*, 48, 25–37.
2. Donald, I. & Siu, O. 2001, Moderating the stress impact of environmental conditions: The effect of organizational commitment in Hong Kong and China, *Journal of Environmental Psychology*, 21, 353–368.
3. Fried, Y., Melamed, S. & Ben David, H.A. 2002, The joint effects of noise, job complexity, and gender on employee sickness absence: An exploratory study across 21 organizations -The CORDIS study, *Journal of Occupational and Organizational Psychology*, 75, 131–144.
4. Hongisto, V. 2005, A model predicting the effect of speech of varying intelligibility on work performance, *Indoor Air*, 15, 458–468.
5. Leather, P., Beale, D. & Sullivan, L. 2003, Noise, psychosocial stress and their interaction in the workplace, *Journal of Environmental Psychology*, 23, 213–222.
6. Prümper, J., Hartmannsgruber, K. & Frese, M. 1995, KZFA - Kurz-Fragebogen zur Arbeitsanalyse, *Zeitschrift für Arbeits- und Organisationspsychologie*, 39, 125–132.
7. Schlittmeier, S.J., Hellbrück, J., Thaden, R. & Vorländer, M. 2008, The impact of background speech varying in intelligibility: Effects on cognitive performance and perceived disturbance. *Ergonomics*, 51, 719–736.
8. Sundstrom, E., Town, J.P., Rice, R.W., Osborn, D.P. & Brill, M. 1994, Office noise, satisfaction, and performance, *Environment and Behavior*, 26, 195–222.
9. VDI 2569 Ausgabe: 1990, Schallschutz und akustische Gestaltung im Büro. Berlin: Beuth Verlag.
10. Virjonen, P., Keranen, J. & Hongisto, V. 2009, Determination of Acoustical Conditions in Open-Plan Offices: Proposal for New Measurement Method and Target Values, *Acta Acustica united with Acustica*, 95, 279–290.

# **Reduzierte kognitive Leistung aufgrund mangelhafter Akustik in Büroumwelten: Implikationen ausgewählter Laborexperimente für eine zukunftsweisende akustische Gestaltung**

Sabine J. SCHLITTMEIER

*Arbeits-, Umwelt- und Gesundheitspsychologie, KU Eichstätt-Ingolstadt,  
Ostenstraße 26-28, D-85072 Eichstätt*

**Kurzfassung:** In Deutschland wird inzwischen mehrheitlich an Büro- oder büroähnlichen Bildschirmarbeitsplätze gearbeitet. Hier stellt Lärm die häufigste Quelle für Beschwerden dar. Dabei wird insbesondere Hintergrundsprache als störend bzw. belästigend erlebt. Bürolärm und Sprache mindern jedoch jenseits eines subjektiven Störungsempfindens kognitive Leistungen tatsächlich. Zwei Laborexperimente prüfen, ob akustische Optimierungsmaßnahmen diese Störwirkung reduzieren. Dabei werden eine Minderung von Pegel und Sprachverständlichkeit sowie das Einspielen partieller Maskierer betrachtet. Wirkzusammenhänge werden aus kognitionspsychologischer Sicht erklärt und die notwendige Differenzierung von subjektiv empfundener und objektiv gegebener Störwirkung belegt. Die Zusammenschau aus Leistungs- und Befragungsdaten gibt die Richtung für innovative akustische Gestaltungslösungen vor.

**Schlüsselwörter:** Büro, Bildschirmarbeit, Lärm, Akustik.

## **1. Einleitung**

Mindestens die Hälfte der Beschäftigten in Deutschland arbeitet inzwischen an Büro- oder büroähnlichen Bildschirmarbeitsplätzen (Schneider et al. 2004). Diese sind zumeist in Mehrpersonen- oder Gruppenbüros untergebracht. In Befragungsstudien stellt Lärm die häufigste oder eine der häufigsten Quellen von Beschwerden dar, v.a. wenn es sich um Hintergrundsprache handelt (z.B. Banbury & Berry 2005; Kjellberg et al. 1996). Diese wird entweder von Kollegen am Telefon oder im Gespräch miteinander produziert. Neben dem subjektiven Störungsempfinden beeinträchtigt Bürolärm kognitive Leistungen tatsächlich, v.a. wenn er sprachliche Anteile enthält (z.B. Banbury & Berry 1998). Daher ist die akustische Optimierung von Büroarbeitsplätzen nicht nur eine Frage des Gesundheitsschutzes und der Behaglichkeit, sondern insbesondere auch der Leistungsfähigkeit. Letzterer gewinnt mit steigenden Personalkosten zunehmende Bedeutung für Investoren und Arbeitgeber.

## **2. Experimentelle Evaluation akustischer Optimierungsmaßnahmen**

Die Immissionen am Ohr des Hörenden können bei Hintergrundsprache in Büroumwelten nur durch Maßnahmen auf dem Weg der Schallübertragung zwischen Emittent und Rezipient reduziert werden. Die folgenden Experimente prüfen drei Möglichkeiten dazu, und zwar eine Reduktion der Sprachverständlichkeit bzw. des Pegels durch Dämmungs- oder Dämpfungsmaßnahmen (z.B. bauliche Trennung, Pa-

nels, Stellwände, Bodenbeläge, Wand- oder Einrichtungsbeschläge; Experiment 1; vgl. Schlittmeier et al. 2008a) und das Einspielen eines partiellen Maskierers (Experiment 2; vgl. Schlittmeier & Hellbrück 2009). Im letztgenannten Fall überlagert der zusätzlich eingebrachte Schall Bürolärm und Hintergrundsprache und soll so deren Störpotenzial reduzieren. Sound-Maskierungssysteme sind in Deutschland noch wenig verbreitet. Dagegen sind eine Reduktion des Pegels bzw. der Sprachverständlichkeit die am häufigsten realisierten Maßnahmen. Offen ist bislang, ob sowohl objektiv messbare Leistung wie auch subjektives Empfinden von diesen profitieren.

## 2.1 Experiment 1: Reduktion von Pegel und Sprachverständlichkeit

Experiment 1 maß die Arbeitsgedächtnisleistung ( $n = 20$ ) unter vier Schallbedingungen: Ruhe als Baseline-Bedingung, gut verständliche Sprache mit 55 dB(A), gut bzw. schlecht verständliche Sprache mit jeweils 35 dB(A). Nach jeder Schallbedingung war die Störwirkung auf einer Skala von 0 (gar nicht) bis 4 (außerordentlich) subjektiv zu beurteilen. Da das Behaltensmaterial visuell präsentiert wurde, können Schalleffekte nicht durch akustische Maskierung bedingt sein. In der verwendeten Serial Recall Aufgabe wurden die Ziffern von 1 bis 9 zufällig nacheinander präsentiert und ihre Reihenfolge war dann zu reproduzieren. Jede Ziffer, die nicht an der korrekten Position wiedergegeben wurde, zählte als ein Fehler.

**Tabelle 1:** Behaltensleistung und beurteilte Störung unter Sprache unterschiedlichen Pegels und Verständlichkeit ( $n = 20$ ). Die Störwirkung war auf einer Skala von 0 (gar nicht) bis 4 (außerordentlich) zu beurteilen. Dargestellt sind Mittelwerte und Standardfehler (in Klammern)

Schall	Sprache			Ruhe
Pegel	55 dB(A)	35 dB(A)	35 dB(A)	–
Sprachverständlichkeit	hoch	hoch	niedrig	–
Fehlerrate [%]	41,4 (3,2)	38,8 (3,3)	32,8 (2,6)	29,2 (2,1)
Subjektives Urteil	3,4 (0,2)	2,2 (0,2)	1,9 (0,2)	0,2 (0,1)

Die Leistungsdaten zeigen, dass gut verständliche Hintergrundsprache unabhängig von ihrem Pegel stört ( $p < .01$ ; vgl. Tab. 1). Allerdings führt eine reduzierte Verständlichkeit zu signifikant weniger Störung ( $p < .01$ ): Schlecht verständliche Sprache mit 35 dB(A) stört die Arbeitsgedächtnisleistung signifikant weniger als gut verständliche Sprache und ist nicht mehr von Ruhe verschieden ( $p = .07$ ). In Kontrast zu diesen Leistungsbefunden stehen die Befragungsdaten. Hier führt eine reine Pegelminde- rung bereits zu einem signifikant geringeren Störungsempfinden ( $p < .01$ ), wohin- gegen eine Reduktion der Verständlichkeit nicht weiter honoriert wird ( $p = .12$ ). Auch lei- se, schlecht verständliche Sprache wird als störend im Vergleich zu Ruhe erlebt ( $p < .01$ ).

## 2.2 Experiment 2: Einspielen eines partiellen Maskierers

In Experiment 2 bearbeiteten 30 Probanden die gleiche Arbeitsgedächtnisaufgabe wie in Experiment 1. Neben einer Ruhebedingung und einer Bürolärmaufnahme wur- den drei Maskierervarianten getestet. Hier wurde Bürolärm entweder mit kontinuierli- chem Rauschen, mit Legato-Musik (Meditationsmusik) oder mit Stakkato-Musik (Ba- rockmusik) gleicher Lautstärke hinterlegt (signal-to-noise ratio: SNR=0 dB(A)). Alle Hintergrunds- schalle wurden mit 55 dB(A) eingespielt.

Auch in diesem Experiment weichen die subjektiven Urteile von den objektiven



Leistungsdaten ab. Nur mit kontinuierlichem Rauschen als partiellem Maskierer war die Arbeitsgedächtnisleistung nicht mehr signifikant von der unter Ruhe verschieden ( $p=.36$ ). Alle anderen Schalle minderten die Leistung signifikant ( $p<.05$ ). Dennoch wird Bürolärm mit Rauschen deutlich störender als Ruhe erlebt (vgl. Tab. 2). Darüber hinaus zeigte ein post-experimentelles Interview, dass Rauschen nicht der mehrheitlich präferierte Maskierer ist. Nur 8 von 30 Probanden sprachen sich für diesen Schall als Maskierer aus, wohingegen 13 Probanden angaben Legato-Musik zu bevorzugen und 9 Probanden Stakkato-Musik.

**Tabelle 2:** Behaltensleistung und beurteilte Störung unter Bürolärm mit und ohne partiellem Maskierer ( $n = 30$ ). Die Störwirkung war auf einer Skala von 0 (gar nicht) bis 4 (außerordentlich) zu beurteilen. Dargestellt sind Mittelwerte und Standardfehler (in Klammern)

Schall	Bürolärm				Ruhe
Maskierer	–	Stakkato-Musik	Legato-Musik	Rauschen	–
Fehlerrate [%]	29,8 (3,1)	28,3 (2,8)	27,1 (2,4)	23,9 (2,5)	23,2 (2,8)
Subjektives Urteil	3,6 (0,7)	3,8 (0,7)	3,5 (0,6)	2,9 (0,5)	1,3 (0,2)

### 2.3 Kognitionspsychologische Erklärung der Befunde

Das Arbeitsgedächtnis wird durch Schalle gestört, die klare temporal-spektrale Variationen aufweisen, so dass der Schall perzeptuell segmentierbar ist und sich aufeinander folgende Wahrnehmungseinheiten unterscheiden. Die Störwirkung solcher changing-state Schalle (z.B. Sprache, Stakkato-Musik) ist empirisch robust und wird als Irrelevant Sound Effect (ISE) bezeichnet. Schalle ohne oder mit nur gering ausgeprägten changing-state Merkmalen mindern die Leistung nicht, z.B. kontinuierliches Rauschen oder Legato-Musik (vgl. Schlittmeier et al. 2008b).

Die in den beiden Experimenten effektiven akustischen Gestaltungsmaßnahmen reduzierten jeweils die changing-state Charakteristik von Bürolärm bzw. Sprache und damit ihre Störwirkung. Beim Einspielen eines breitbandigen Rauschens werden leisere Changing-state Merkmale (z.B. Tastaturklappern) maskiert sowie die temporal-spektralen Schwankungen des Hintergrundschalls reduziert (Experiment 2). In Experiment 1 reduzierte ein Tiefpassfilter die Sprachverständlichkeit, da so die Konsonanten als Hinweisreize zur Segmentierung des Sprachsignals weniger gut wahrnehmbar sind; sie werden vorwiegend in dem Frequenzbereich vokalisiert (1000-4000 Hz), der am stärksten gedämpft wurde. Bei einer reinen Pegelminderung bleiben hingegen die Konsonanten relativ zu den anderen Schallanteilen erhalten und damit auch die Störwirkung (weitere Details finden sich zu Experiment 1 bei Schlittmeier et al. 2008a, und zu Experiment 2 bei Schlittmeier & Hellbrück 2009).

Eine Modellierung dieser und einer Vielzahl weiterer Experimentalbefunde zum Irrelevant Sound Effect ist mittels der psychoakustischen Hörgröße Schwankungsstärke möglich (Schlittmeier et al. 2008c). Sie berücksichtigt Variationen im temporalen wie im spektralen Bereich und bildet so die changing-state Charakteristik eines Schalls ab. Die Schwankungsstärke eines Schalls ist instrumentell messbar, so dass nach einer experimentellen Überprüfung und ggf. Weiterentwicklung des von Schlittmeier et al. (2008c) vorgelegten Algorithmus Leistungstests obsolet werden könnten.

### 3. Implikationen für eine zukunftsweisende akustische Gestaltung in der Praxis

Die beiden vorgestellten Experimente belegen klare Differenzen zwischen objektiven Leistungsdaten und subjektiven Beurteilungen. Beide Aspekte sind bei einer umfassenden Beurteilung und Optimierung der Akustik in Büroumwelten zu berücksichtigen – was bislang allerdings in der Beratungspraxis nicht geschieht. So ist z.B. der finanzielle Nutzen von Interventionen fraglich, die subjektiv zwar positiv bewertet werden, aber ohne vorteilhafte Leistungseffekte sind. Dies trifft auf ein rein pegelorientiertes Vorgehen zu, wie es in der Praxis leider immer noch gang und gäbe ist. Der umgekehrte Fall – positive Leistungseffekte aber mangelhafte subjektive Bewertung – ist für die beiden geprüften und nachweislich effektiven Maßnahmen zu konstatieren, namentlich für eine reduzierte Sprachverständlichkeit und kontinuierlichem Rauschen als partieller Maskierer. Mittels gezieltem Sound-Design kann hier versucht werden sowohl die Akzeptanz zu erhöhen und dabei zugleich positive Leistungseffekte zu erzielen. Die Befragungsdaten liefern dabei insbesondere die Anregung, funktionale Musik (sog. Muzak, vgl. Schafer 1977) zu designen und als partiellen Maskierer in Büroumwelten zu verwenden (vgl. Schlittmeier, in press).

In Deutschland wird das volle Potenzial akustischer Optimierungsmaßnahmen selten ausgeschöpft. So werden die genannten akustischen Maßnahmen bislang kaum kombiniert, obwohl diese ineinander greifen und Synergien genutzt werden können: Die Sprachverständlichkeit kann durch gezielte Dämpfung oder Schirmung gesenkt und noch weiter über partielle Maskierer reduziert werden, die umso leiser eingespielt werden können, je leiser der Raum an sich ist. So wird das Ziel greifbar, dass die Arbeitsleistung in Büroumwelten nicht weiterhin aufgrund mangelhafter Akustik reduziert wird.

### 4. Literatur

1. Banbury, S. & Berry, D.C. 1998, Disruption of office-related tasks by speech and office noise, *British Journal of Psychology*, 89, 499-517.
2. Banbury, S.P. & Berry, D.C. 2005, Office noise and employee concentration: Identifying causes of disruption and potential improvements, *Ergonomics*, 48, 25-37.
3. Kjellberg, A., Landström, U., Tesarz, M., Söderberg, L. & Akerlund, E. 1996, The effects of nonphysical noise characteristics, ongoing task and noise sensitivity on annoyance and distraction due to noise at work, *Journal of Environmental Psychology*, 16, 123-136.
4. Schafer, R.M. 1977, *The tuning of the world*. New York: Knopf.
5. Schlittmeier, S.J. in press, Zur Störwirkung von Hintergrundsprache und Bürolärm auf kognitive Leistungen: Wie effektiv können Sound-Maskierungssysteme und andere Schallschutzmaßnahmen in Bürolandschaften sein? In: M. Meis, C. Nocke & A. Schick (Hrsg.), *Kompendium*
6. Symposium Büro.Raum.Akustik (Köln, 12./13.11.2009). Oldenburg: Isensee Verlag.
7. Schlittmeier, S.J. & Hellbrück, J. 2009, Background music as noise abatement in open-plan offices: A laboratory study on performance effects and subjective preferences, *Applied Cognitive Psychology*, 23, 684-697.
8. Schlittmeier, S.J., Hellbrück, J., Thaden, R. & Vorländer, M. 2008a, The impact of background speech varying in intelligibility: Effects on cognitive performance and perceived disturbance, *Ergonomics*, 51, 719-736.
9. Schlittmeier, S.J., Hellbrück, J. & Klatte, M. 2008b, Does irrelevant music cause an irrelevant sound effect for auditory items?, *European Journal of Cognitive Psychology*, 20, 252 - 271.
10. Schlittmeier, S.J., Weißgerber, T., Kerber, S., Fastl, H. & Hellbrück, J. 2008c, An algorithm modelling the Irrelevant Sound Effect (ISE), *Proceedings of the Acoustics'08, Paris, France*, 1197-1201.
11. Schneider, W., Windel, A. & Zwingmann, B. 2004, *Die Zukunft der Büroarbeit*. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW.

# Experimentelle Untersuchungen zur Wirkung nächtlicher Lärmbelastungen auf die Cortisol-Aufwachreaktion

Barbara GRIEFAHN, Sibylle ROBENS und Anke MARKS

*Leibniz Institut für Arbeitsforschung an der TU Dortmund,  
Ardeystraße 67, D-44139 Dortmund*

**Kurzfassung:** In zwei Experimenten wurde die Cortisol-Aufwachreaktion nach Nächten mit unterschiedlicher Belastung durch Schienen- und Straßenverkehrslärm untersucht. Die CAR war nach lärmbelasteten Nächten nur bei Personen abgeschwächt, die sich in der Re-Adaptationphase von einer Nacht- zu einer Tagschichtperiode also einer Phase erhöhter Vulnerabilität befanden.

**Schlüsselwörter:** Cortisol, nächtliche Lärmbelastung, subjektive Schlafqualität.

## 1. Einleitung

Die Cortisol-Aufwachreaktion (CAR) kennzeichnet einen starken Anstieg der Cortisol Konzentration nach dem Aufwachen um 50–160 % (Wilhelm et al. 2007). Die intraindividuell stabile CAR wird durch einige Stressoren beeinflusst. Die Annahme, dass nächtliche Lärmbelastungen die CAR abschwächen, war Gegenstand dreier Studien, in denen nachts Tonfolgen oder tieffrequente Geräusche appliziert worden waren. Die Annahme bestätigte sich jedoch in nur einer der drei Untersuchungen.

Die vorliegende Analyse konzentrierte sich auf zwei weitere Untersuchungen, in denen die Probanden während des Schlafs Schienen- oder Straßenverkehrslärm ausgesetzt waren.

## 2. Material und Methoden

### 2.1 Studie 1

An der Untersuchung nahmen sechs Männer und sechs Frauen teil (18-26 Jahre). Nach einer Gewöhnungsnacht schliefen die Probanden in 3 aufeinander folgenden Wochen jeweils vier aufeinander folgende Nächte im Labor. In je 3 Nächten einer Woche wurden 20, 40 bzw. 80 Vorbeifahrgeräusche eines von drei Zügen mit unterschiedlichen Bremssystemen in die Schlafräume abgestrahlt. Die Maximalpegel variierten zwischen 65.4 und 73.5 dB(A), die äquivalenten Pegel zwischen 44 und 57.8 dB(A). Die CAR1 entsprach dem Anstieg der Cortisolwerte innerhalb der ersten 45 Minuten nach dem Aufwachen (CAR1 = C45-C0).

### 2.2 Studie 2

Die sogenannte Nacht-Tag-Gruppe (NT) bestand aus 11 Frauen und 12 Männern (19-29 Jahre). Die Tag-Nacht-Gruppe (TN) bestand aus 13 Frauen und 10 Männern (19-30 Jahre). Die NT-Gruppe schlief zunächst in vier aufeinander folgenden Nächten (23-7 Uhr), danach an vier aufeinander folgenden Tagen (14-22 Uhr) im Labor,

die TN-Gruppe in umgekehrter Folge erst an vier Tagen und dann in vier Nächten. Jeder Schlafperiode folgte eine Stunde später eine 8-stündige experimentelle Arbeitsschicht. Die erste und eine weitere zufällig gewählte Schlafperiode waren lärmfrei. Während der übrigen sechs Schlafperioden wurden Schienen- oder Straßenverkehrsgeräusche in randomisierter Folge appliziert, wobei jede Person aber in jeweils einer Nacht den Geräuschen Rail4 und Road4 ausgesetzt war (vgl. Tabelle 1). Die Geräuscheszenarien waren entlang dreier Zugtrassen mit 20, 40 und 57 Vorbeifahrten und dreier Straßen mit 1300, 4300 und 8600 Vorbeifahrten in verschiedenen Abständen aufgenommen worden.

**Tabelle 1:** Studie 2. Anzahl Vorbeifahrten (n), Aufnahmeabstand (d), äquivalenter Pegel [n/d ( $L_{Aeq}$ )]. Die angegebenen Pegel entsprechen den Pegeln am Ohr des Schläfers

	Schienenverkehr		
Variation	Anzahl Vorbeifahrten / Aufnahmeabstand / äquivalenter Pegel (L <sub>Aeq</sub> )		
Anzahl (n)	20/ 50m (44.9 dB) Rail2	40/50m (49.4 dB) Rail4	57/ 50m (50.5 dB) Rail5
Abstand (d)	40/100m (46.3 dB) Rail3		40/ 25m (53.5 dB) Rail6
n <u>und</u> d	20/100m (41.9 dB) Rail1		57/ 25m (54.3 dB) Rail7
	Straßenverkehr		
Variation	Anzahl Vorbeifahrten / Aufnahmeabstand / äquivalenter Pegel (L <sub>Aeq</sub> )		
number (n)	1300/20m (42.3 dB) Road2	4300/20m (44.6 dB) Road4	8600 / 26m (49.1 dB) Road6
distance (d)	4300/32m (41.2 dB) Road1		4300 / 20m (44.6+4 dB) Road5
n <u>and</u> d	1300/15m (43.1 dB) Road3		8600 / 14m (55.9 dB) Road7

Speichelproben wurden alle 15 Minuten nach dem Aufwachen genommen. Zusätzlich zur CAR1 wurde die CAR2 als Fläche unter der Kurve der 5 Cortisolwerte errechnet.

In beiden Studien waren Personen mit vermindertem Hörvermögen, chronischen Erkrankungen, Verdacht auf Alkohol- oder Drogenabusus sowie Personen, die vor 22 bzw. nach 24 Uhr ins Bett gingen und weniger als 6 oder mehr als 10 Stunden schliefen ausgeschlossen. Die Probanden gaben ihr schriftliches Einverständnis zu den von der Ethikkommission des IfADo genehmigten Untersuchungen.

In beiden Studien wurde nach dem Ins-Bett-Gehen das Licht um 23 bzw. 14 Uhr gelöscht. Das Polysomnogramm (PSG) wurde während der folgenden 8 Stunden bis zum Wecken fortlaufend registriert. Die Probanden gaben dann die erste Speichelprobe (C0) mittels Salivetten. Die Analyse erfolgte mit einem Lumineszenz-Immunoassay (LIA, IBL).

Die Probanden schliefen in separaten schallisolierten Räumen (Hintergrundpegel 28 dB(A)). Die Schlafräume waren mit je zwei Lautsprechern ausgestattet. Alle Geräuschaufnahmen waren gefiltert und zur Simulation gekippter Fenster gedämmt worden. Die folgenden Angaben beziehen sich auf die Pegel am Ohr der Schläfer.

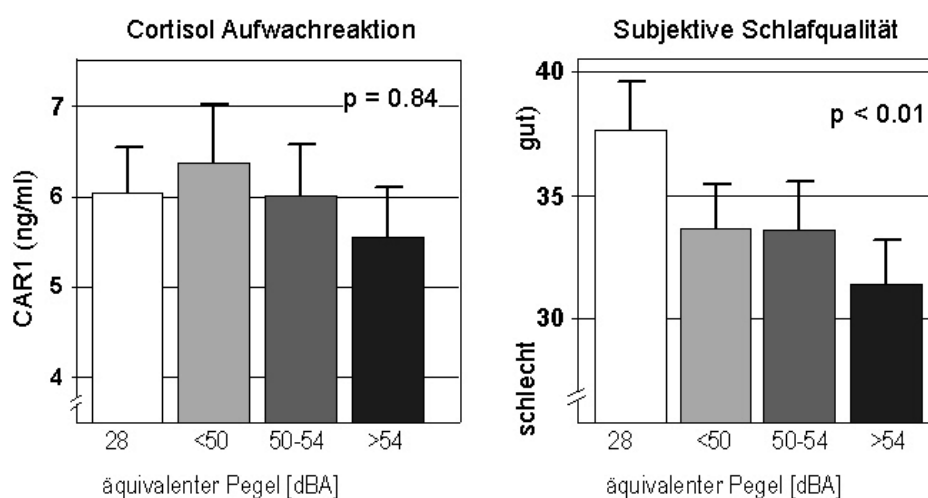
Bei der CAR fokussierte die Analyse für beide Untersuchungen auf den Nachtschlaf von 23 bis 7 Uhr. Die erste Nacht wurde wegen des First Night Effects eliminiert. Nicht berücksichtigt wurden alle CARs nach vorzeitigem Aufwachen ( $\geq 10$  Minuten) oder wenn die Auswertung des PSG wegen technischer Probleme nicht möglich war.

Die Probanden schätzen morgens ihren Schlaf mittels sechs 10-stufiger Skalen ein. Eingeschätzt wurden (1) die Schwierigkeit einzuschlafen, (2) die Schlaftiefe, (3) die Schlafdauer, (4) die Schlafruhe, (5) die Erholung, (6) die motorische Unruhe. Die Skalen wurden aufsummiert und von der höchstmöglichen Punktzahl (60) subtrahiert.

### 3. Ergebnisse

#### 3.1 Studie 1

Männer und Frauen zeigten keine Unterschiede bezüglich der CAR oder der Schlafqualität. Wie in Abbildung 1 ersichtlich ergab die ANOVA keinen Lärmeinfluss auf die CAR, wohl aber auf die Schlafqualität, die nach Lärmnächten deutlich schlechter bewertet worden war.



**Abbildung 1:** Cortisol-Aufwachreaktion (CAR) und subjektive Schlafqualität in Studie 1 in Beziehung zum äquivalenten Pegel des Zugverkehrs

#### 3.2 Studie 2

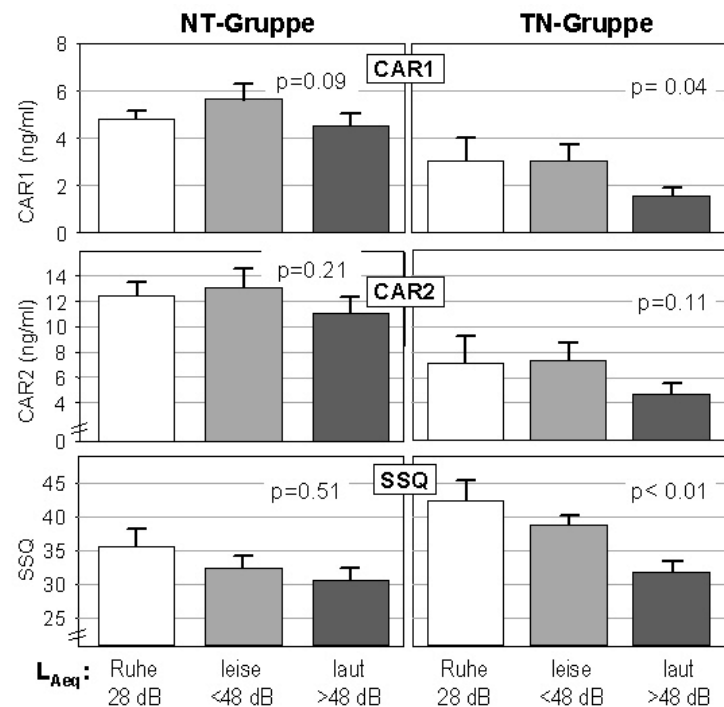
Die ANOVA ergab einen signifikanten Einfluss von äquivalentem Pegel und Untergruppe. In der NT-Gruppe waren (siehe Abbildung 2) CAR1 und CAR2 größer, die Schlafqualität (SSQ) hingegen besser als in der TN-Gruppe. Die Lärmbelastung hatte nur in der TN-Gruppe einen signifikanten Effekt. Die CAR1 war nach den Nächten mit höchster Lärmbelastung abgeschwächt. Entsprechend verhielt sich die CAR2, der Effekt war aber nicht signifikant. Die SSQ nahm von den Ruhenächten über die Nächte mit geringer Lärmbelastung bis zu den höchsten Pegeln hin ab.

### 4. Diskussion

Zusammengefasst ergab sich, dass die Schlafqualität in beiden Untersuchungen nach Lärmnächten schlechter bewertet wurde, die CAR war jedoch nur nach den lautesten Nächten in der TN-Gruppe abgeschwächt, also bei den Probanden, die unmittelbar davor vier aufeinander folgende Nachtschichten gearbeitet hatten.

Die subjektive Bewertung der Schlafqualität wird in nahezu allen Untersuchungen zur Wirkung von Lärm auf den Schlaf erfasst und ist konsistent umso stärker beeinträchtigt je höher die nächtlich einwirkende Lärmbelastung ist. In den beiden hier analysierten Untersuchungen war der Abfall der Schlafqualität mit zunehmendem Pegel in der TN-Gruppe am stärksten ausgeprägt.





**Abbildung 2:** Cortisol-Aufwachreaktion (CAR) und subjektive Schlafqualität in beiden Untergruppen der Studie 2 (NT – ohne vorhergehende Nachtarbeit, TN – nach einer 4-tägigen Nachtarbeitsperiode)

Die CAR war jedoch weder in Studie 1 noch in der NT-Gruppe der Studie 2 mit der nächtlichen Schallbelastung assoziiert, was die Ergebnisse von Persson Wayne et al. (2004) und Michaud et al. (2006) bestätigt. In beiden Untersuchungen waren junge Probanden während der Nacht mit tieffrequenten Geräuschen bzw. einer Folge von Tönen mit 80 bzw. 60 dB(A) beschallt worden. Auch eine Untersuchung, in der junge Frauen jede Nacht dreimal geweckt und mindestens 15 Minuten lang wach gehalten worden waren (Dettenborn et al. 2007), zeigte keine Änderung der CAR.

In Studie 2 war die CAR in der TN-Gruppe nach den Nächten mit der höchsten Lärmbelastung (> 48 dB(A)) signifikant abgeschwächt. Vorübergehend abgeschwächte CARs sind charakteristisch für Personen, die während der Nachtschichtperioden am Tage schlafen (Federenko et al. 2004; Griefahn & Robens 2008; Kudiela et al. 2007). Die Probanden der TN-Gruppe hatten, im Gegensatz zur NT-Gruppe und den Probanden der Studie 1, unmittelbar vorher vier aufeinander folgende Nachtschichten geleistet, wodurch deren zirkadianes System - wie mit Phase Assessment Procedures gezeigt wurde - um 5 Stunden verschoben worden war. Dass zum Zeitpunkt der Untersuchung noch keine Rückbildung erfolgt war, zeigen die niedrigen Cortisol Konzentrationen zum Zeitpunkt des Aufwachens (C0). Ganz offensichtlich waren diese Probanden also noch in der Phase der Rück-Adaptation.

Daher ist die Annahme gerechtfertigt, dass die abgeschwächte CAR nach hohen nächtlichen Lärmbelastungen in der TN-Gruppe das Ergebnis einer erhöhten Vulnerabilität ist, die den Prozess der Rückadaptation zum normalen Schlaf-Aktivitäts-Zyklus kennzeichnet. Ein Hinweis auf die besondere Vulnerabilität in dieser Gruppe ist sicherlich der starke Abfall der subjektiven Schlafqualität nach den lautesten im Vergleich zu den ruhigen Nächten. Die Differenz betrug 11 im Vergleich zu 5 Skalenpunkten in der TN-Gruppe (siehe Abbildung 2).



## 5. Literatur

1. Dettenborn, L., Rosenloecher, F. & Kirschbaum, C. 2007, No effects of repeated forced wakings during three consecutive nights on morning cortisol awakening responses (CAR): a preliminary study, *Psychoneuroendocrinology*, 32, 915-921.
2. Federenko, I., Wüst, S., Hellhammer, D.H., Dechoux, R., Kumsta, R. & Kirschbaum, C. 2004, Free cortisol awakening responses are influenced by awakening time, *Psychoneuroendocrinology*, 29, 174-84.
3. Griefahn, B. & Robens, S. 2008, The cortisol awakening response. A pilot study on the effects of shift work, morningness and sleep duration, *Psychoneuroendocrinology*, 33, 981-988.
4. Kudielka, B.M., Buchtal, J., Uhde, A. & Wüst, S. 2007, Circadian cortisol profiles and psychological self-reports in shift workers with and without recent change in shift rotation system, *Biological Psychology*, 74, 92-103.
5. Michaud, D.S., Miller, S.M., Ferrarotto, C., Konkle, A.T.M., Keith, S.E. & Campbell, K.B. 2006, Waking levels of biomarkers are altered following sleep in a lab with no further increase associated with simulated night-time noise exposure, *Noise & Health*, 8, 30-39.
6. Persson Waye, K., Agge, A., Clow, A. & Hucklebridge, F. 2004, Cortisol response and subjective sleep disturbance after low-frequency noise exposure, *Journal of Sound and Vibration*, 277, 453-457.
7. Wilhelm, I., Born, J., Kudielka, B.M., Schlotz, W. & Wüst, S. 2007, Is the cortisol awakening rise a response to awakening?, *Psychoneuroendocrinology*, 32, 358-366.



# The role of refractive error in visual performance

Marino MENOZZI and Esther BAUMER

*Technology and Innovation Management, ETH Zürich,  
Scheuchzerstrasse 7, CH-8092 Zürich*

**Abstract:** Landolt ring visual acuity for far was recorded in 25 subjects and for spherical errors of refraction up to +4 D. Our results support the rule of thumb suggesting halving of visual acuity every 0.5 D of spherical refractive error. Depth of focus ranges between 0.25 D and 0.5 D. Findings are important to practice of subjective refraction, design of progressive addition lenses and estimation of visual load.

**Keywords:** Acuity, vision, lenses, refraction.

## 1. Introduction

In order to install a sharp retinal image, the power of the eye is adjusted to the viewing distance. Errors in adjustment of the power of the eye, so called refractive errors, cause a blurred retinal image therefore potentially reducing visual performance. For various reasons refractive errors are frequently present in daily work. In practice, correction of spherical error is limited to nearest power in steps of 0.25 D. It is assumed that smaller refractive errors are not perceived due to depth of focus of the eye. Regularly the literature reports surveys showing that an important percentage of the population either has not been equipped with an appropriate correction or does not wear at all required corrective glasses. In progressive addition lenses unwanted refractive errors are inevitable (Minkwitz 1963; Menozzi et al. 2008) and the topography of unwanted refractive errors varies depending on parameters like addition and type lens.

Some attempts have been made in the past to assess the role of refractive errors on visual performance and the importance of the error in causing visual complaints. However, the literature has not yet come to an agreement on the role of the refractive errors in causing visual complaints, since, as for instance has been shown by Grimm et al. (1994), visual acuity depends on the used target, the so called optotype. Interestingly, the international standard organization as well as the DIN denote a standard optotype (ISO/FDIS 8596:2009; ISO 8597) for assessing acuity, the so called "Landolt ring", but only few studies have reported the role of refractive errors using the Landolt ring.

The relation between refractive error and visual acuity is also used in daily practice when assessing the recipe for corrective glasses. The process of determination of the recipe is known as subjective refraction (Methling 1996; Diepes 1975). After a first assessment of acuity, variation of current prescription is estimated using a rule of thumb. Following this rule of thumb (Methling 1975, page 254) Landolt ring visual acuity is halved after adding 0.5 D of spherical refractive error. Therefore, adding 0.5 D of refractive error on an eye having an acuity of 1.0 reduces the acuity to 0.5. Adding another 0.5 D of spherical error results in an acuity of 0.25 and so on. Therefore, visual acuity is used as an estimate in subjective refraction for the refractive error to be corrected. Unfortunately, a misinterpretation of the assessed visual acuity may result in a teasing overcompensation of the error, leading to an inadequate recipe or to a prolonged subjective refraction.

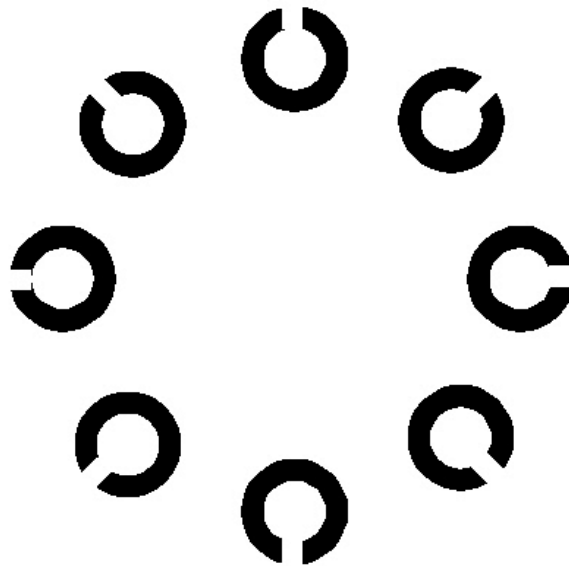
In the present paper we report about an experiment aiming to review above listed rule of thumb relating visual acuity with spherical refractive error. Results of this study are important for subjective refraction as well as for estimation of the role of errors in causing visual complaints and for designers of progressive lenses as well. In addition, results are helpful in estimating load in near vision tasks.

## 2. Methods

The method consists in assessing the Landolt ring acuity while introducing spherical errors varying in size.

### 2.1 Experimental design

After a subjective refraction serving to correct individual refractive errors for far (5 m), 25 subjects underwent the standard acuity test for far (5 m) as reported in ISO/FDIS 8596:2009 and ISO 8597. Landolt rings (figure1) of different size and orientation were presented monocularly to the preferred eye one by one using a binoptometer instrument (first generation, Oculus company, Wetzlar, Germany). Acuity tested ranged between 0.063 and 2.0.



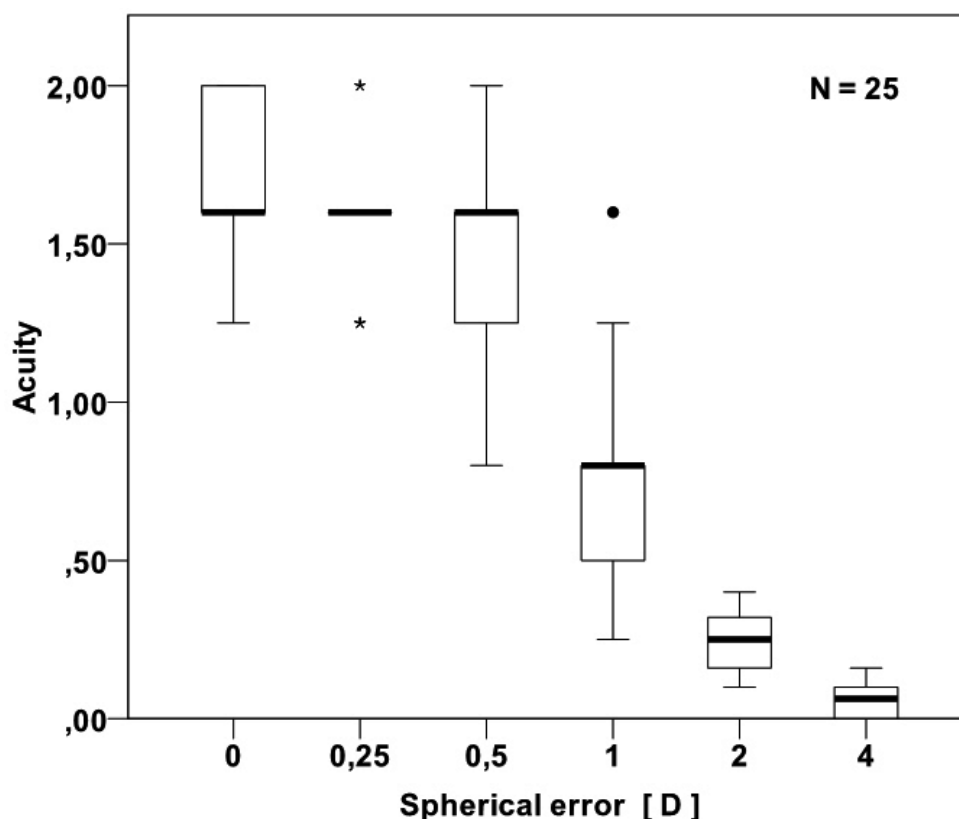
**Figure 1:** Landolt rings of eight different orientations. Used rings ranged between acuity 0.063 and 2.0. Rings are presented using the binoptometer and are viewed monocularly

In a first run, subjects performed the acuity test using their personal prescription determined during the subjective refraction and serving to correct refractive errors, spherical and cylindrical ones, for far viewing. In five subsequent runs, spherical refractive errors were introduced. Plus lenses of 0.25 D, 0.5 D, 1 D, 2 D and 4 D were used in random balanced order.

The completion of the experiment took approximately one hour per subject. Subjects were rewarded with 50 CHF. The study has been approved by the local ethical committee.

### 3. Results

Age of the subjects ranged between 14 years and 57 years, with a median of 27 years. Spherical equivalent of subjective refraction in the tested eye ranges between -6.0 D to +0.25 D with a median at -0.5 D. The right eye was used in 20 subjects where only 5 preferred to take the tests using the left eye. A box – plot representation of Landolt ring acuity as function of refractive error is depicted in figure 2.



**Figure 2:** Box – plot representation of acuity as function of spherical refractive error. Asterixes and filled circle denote outliers

Medians reported in figure 2 for refractive errors of 0 D, 0.25 D, 0.5 D, 1.0 D, 2.0 D and 4.0 D are 1.6, 1.6, 1.6, 0.8, 0.25 and 0.063 respectively. As can be seen in figure 2, the first three median values are identical. The effect is probably due to the depth of focus of the eye, which in this case ranges between 0.25 D and 0.5 D.

In order to check above mentioned rule of thumb, acuity  $V$  was expressed as function of refractive error by means of the following function:

$$V = V(N) = V_0 * (R)^N$$

where  $V_0$  denotes the visual acuity assessed without introducing any refractive error and  $N$  denotes the number of times, a spherical error of 0.5 D has been added.  $R$  is the factor by means of which an increase of 0.5 D reduces the acuity. In the rule of thumb mentioned above  $R$  is 0.5 (halving the acuity). As for instance an  $N$  of 3 results in a spherical error of 1.5 D. Above listed formula was fitted to the median values of acuity considering a depth of focus of 0.5 D. Therefore, the median value assessed at 0.5 D of refractive error was considered as the value corresponding to 0 D of refractive error, the median resulting at 1 D of refractive error as the one corresponding to 0.5 D and so on. A regression based on above listed formula reveals a factor  $R$  of 0.6364, a  $V_0$  of 1.3 and a coefficient of regression  $r^2 = 0.98$ .

#### 4. Discussion and Conclusions

Results of measurement of acuity as function of refractive error reveal a depth of focus ranging between 0.25 D and 0.5 D. After subtraction of the depth of focus from spherical refractive error, visual acuity is approximately halved (0.63) every 0.5 D of spherical error when an initial (no refractive error present) visual acuity of 1.3 is assumed. Therefore, above mentioned rule of thumb is supported.

Results can be used in design of progressive lenses and in lens fitting in general as a spherical refractive error below 0.5 D may be considered as subcritical. This statement could be used for reviewing visual stress caused by near work.

#### 5. References

1. Diepes, H. 1975, Refraktionsbestimmung, 2. Auflage. Pforzheim: Verlag Bode GmbH.
2. Grimm, W., Rassow, B., Wesemann, W., Saur, K. & Hilz, R. 1994, Correlation of optotypes with the Landolt ring – A fresh look at the comparability of optotypes, *Optometry and vision science*, 71, 6-13.
3. Menozzi, M., Bergande, E. & Sury, P. 2008, Evaluation of progressive lenses by means of a field study, *Zeitschrift für Arbeitswissenschaft*, 62, 200 – 209.
4. Minkwitz, G. 1963, Über den Flächenastigmatismus bei gewissen symmetrischen Asphären, *Journal of Modern Optics*, 10, 223-227.
5. Methling, D. 1996, Bestimmen von Sehhilfen, 2. Auflage. Stuttgart: Enke.



# Individuals' preferences for head and eye movements and their choices between different progressive lens designs

Philipp SURY, Esther BERGANDE and Marino MENOZZI

*Technology and Innovation Management, ETH Zürich,  
Scheuchzerstrasse 7, CH- 8092 Zürich*

**Abstract:** In a blind and field study it was tested how comfortable 103 participants felt with four different types of multifocal lenses. Multifocal lenses always come with optical errors so the goal is to find a lens design that minimizes those errors. Our study shows that individually customized generally receive a higher acceptance, but that there's no specific preference that explains how the lenses are finally rated.

**Keywords:** Presbyopia, progressive addition lenses, ergonomics.

## 1. Introduction

When reaching the age of about 45 years, a human being typically suffers the effects of presbyopia, i.e. the reduction of the maximal amplitude of the power of the crystalline lens. In daily life, this means that a human being loses the ability to focus at objects at various distances and perceive a clear image. One way to cope with presbyopia is to wear progressive addition lenses that provide appropriate correction for both near and far vision. The advantage behind progressive addition lenses is that a human being can constantly wear one set of lenses instead of having to constantly switch between several monofocal lenses. However, progressive lenses come at the cost of non-removable optical errors in lens design. A progressive lens has a corridor of clear vision while the remaining areas give a blurred picture when being looked through. Therefore, manufacturers are constantly looking for strategies to minimize optical errors and increase customer satisfaction.

In a previous study (Menozzi et al. 2008), four different types of progressive lenses were compared in terms of visual acuity and user satisfaction. Two out of these four types allowed to be tailored to the participant's preferences.

In the case of one set of lenses, the participants could affect the shape of the corridor with clear vision by weighting the individual importance of the various areas. For example, somebody who is reading a lot of books could increase the size of the area for near vision at the cost of decreased areas for intermediate and far vision. For this purpose, participants had to distribute nine points on four different categories: near vision, intermediate vision, far vision, and active vision (the last one geared towards sportive activities). The more points were spent on a category, the larger the corresponding area turned out to be. A preview image on the computer (ImpressionIST), that collected the participants' individual data, allowed them to get an idea of how their distribution of points was going to affect the final design of that one individual set of lenses.

In the case of a second set of lenses, the participants' preferences for head and eye movements were taken into account. For this purpose, the participants wore a frame emitting an ultrasound signal as they were looking at three blinking LEDs (VisioPrint, see fig. 1).



**Figure 1:** *The testing system (VisioPrint) used in Menozzi et al. (2008) to record an individual's preference for head and eye movements. Participants had to look at blinking LEDs (central, peripheral left, peripheral right) while wearing a frame that emitted an ultrasound*

Based on the ultrasound signal, the testing device recorded how far the participant moved his/her head every time an LED was flashed and computed from this data how far the eyes were moving in addition. A final value (in percents) displayed on the testing device indicated the amount of head turning. This data was used later by the manufacturer for the grinding process to optimize that type of lenses according to the participants' head and eye movements.

In the Menozzi et al. (2008) publication we already presented the overall results of the individuals' preferences in relation to the four types of progressive lenses. In this conference paper, we would like to look deeper into how the individuals' preferences for near/intermediate/far vision and head/eye movements influenced their overall preferences.

## 2. Methods

A total of 103 participants wore each of the four types of lenses in their daily lives during three weeks. Participants with medical conditions that could affect vision were excluded from the study after an initial screening with a questionnaire. All participants underwent a procedure of subjective refraction to determine the best correction values for their lens prescription. The visual acuity with the final prescription was verified before proceeding and the participants underwent the procedures to individualize two out of the four lens designs as explained in the introduction. Finally, the participants could also pick two frames from a variety of frames as they were worn according to the latest fashion. Once these procedures were over, the lenses were grinded and the participants wore each type for three weeks. For every set, the participants' visual acuity was tested and they had to fill out questionnaires on their individually experienced comfort in certain intervals (15min, 1h, 3d, 3w after they initially put on their new set of lenses). The answers on the questionnaires were provided on visual

analog scales.

The four different types of lenses worn were coded with letters for the purpose of a blind study:

- A – Rodenstock Impression Freesign (customizable for near-intermediate-far-active viewing preferences)
- B – Rodenstock Progressiv SI
- C – Hoyalux ID
- D – Essilor IPSEO (customizable for individual head/eye movements)

At the end of the study, the participants could keep two sets of lenses as a gratification and therefore had to rate the lenses using the grades 1, 2, 3 and 4 with 1 standing for the set of lenses they liked best. Accordingly, the participants got to keep the two sets of lenses they provided with the grades 1 and 2.

### 3. Results

Overall results have been presented in Menozzi et al. (2008). In short, lenses A significantly received the best ratings over all others after 15min of wearing (Wilcoxon, two-tailed,  $p=.002$ ,  $p=.031$  and  $p=.038$  in order B/C/D). After three weeks, lenses A still got significantly better ratings than lenses B (Wilcoxon, two-tailed,  $p=.003$ ) and showed a tendency for better ratings than lenses C ( $p=.077$ ) and D ( $p=.069$ ).

The cumulative ranking of the graded lenses (frequencies multiplied with their rank value added for every type of lenses) showed a clear preference for lenses A (it got the lowest cumulative rank as it was often graded 1st or 2nd) and lenses B being the least preferred ones.

**Table 1:** Frequency of ranking and cumulative ranking of tested lenses assessed at the end of the trial period. Data include all subjects ( $n=103$ ). Ranking varies significantly ( $p<0.001$ ) with lens tested ( $\chi^2(df=9) = 39.57$ )

	Frequency of rank				Cumulative rank
	1	2	3	4	
A	27	20	13	10	146
B	8	14	24	24	204
C	16	16	16	22	184
D	19	20	17	14	166

To test how the individuals' preferences affect the ranking of the lenses, a MANCOVA was run for the following variables:

- experience with multifocal lenses (i.e. whether a participant already wore a set before participation in the study)
- chosen weight for near vision on lenses type A
- chosen weight for intermediate vision on lenses type A
- chosen weight for far vision on lenses type A
- chosen weight for active vision on lenses type A
- recorded value for head turning in connection with lenses type C

The MANCOVA (Field 2006) procedure was used since the values for the listed variables were not manipulated by the experimenter, but chosen by the participants. A Kolmogorov-Smirnov test showed that the homogeneity of variances was violated

for every variable, but since sample size remains constant over all data, the procedure was still run with the listed variables as covariates.

The results from the MANCOVA proved to be highly insignificant, so the assumption that certain preferences lead to preferences for certain types of lenses has to be rejected. The closest trend towards significance was calculated for the variable "chosen weight for intermediate vision" with  $F(3,103)=1.534$  and  $p=.211$ ; the statistical model's constant factor in return turned to be highly significant with  $F(3,103)=20.313$  and  $p=.000$ .

#### 4. Discussion

The lens manufacturers who are competing on the market constantly have to present fresh innovation to convince the customers that they feature the most comfortable lenses available. This is especially true in relation to progressive lenses that come with optical errors that can't be avoided. Modern trends towards customizable lenses allow the wearer to adapt them to individual needs in near-intermediate-far-active vision and preferences for head and eye movements so that the effects of the optical errors can be minimized.

Our blind study has shown that individually customizable lenses generally experience a higher acceptance by the participants, but it's not possible to draw any conclusion between a certain preferred type of viewing and the outcome of how the lenses were rated. The strongest trend was found in the participants' preference for looking at objects at intermediate distance (e.g. working in front of a computer screen). This can be explained with most lens designs having a small channel for viewing at intermediate distances, therefore making this task particularly difficult, which in return is brought into consideration when picking the lenses one likes best.

All in all, the development process invested in high quality lenses increases customer satisfaction, but when various high quality lenses are compared, other factors than the design itself seem to decide what is individually being perceived as best.

#### 5. References

1. Menozzi, M., Bergande, E. & Sury, P. 2008, Evaluation of progressive lenses by means of a field study, *Zeitschrift für Arbeitswissenschaft*, 62, 200-209.
2. Field, A. 2006, *Discovering statistics using SPSS*. London: Sage Publications.

## Eye stress, flickering and microfluctuations

Pier Paolo MONTICONE and Marino MENOZZI

*Technology and Innovation Management, ETH Zurich,  
Scheuchzerstrasse 7, CH-8092 Zürich*

**Abstract:** Near viewing distance work load has been proven to be an important stress factor for the visual system. There is a lack of objective measures by means of which stress can be quantified. Methods like the critical flicker fusion threshold have been used in the past (CFFT) for this purpose. In the present research we studied the effect of video terminal work on the accommodation dynamics. Thanks to our newly developed optometer, we could sample the accommodation while the subjects were focusing at a fixed point before and after a session of near vision work. Also the CFFT was assessed before and after the work session. From recorded data we computed microfluctuations of accommodation and link results to the stress caused by terminal work.

**Keywords:** Accommodation, optometer, eye, lens.

### 1. Introduction

"More than 50 percent of computer users experience eyestrain, headaches, blurred vision and other visual symptoms related to sustained use of the computer. This type of stress on the visual system can also cause body fatigue and reduced efficiency at work. ... We were born to have hunters' eyes, needed for spotting game or danger at a distance. But during the last 50 years nearly all our work and much of our recreation, for example, video games, has shifted the focus of our vision to arm's length. This increased amount of near visual tasks often produces such changes as nearsightedness, suppressed vision in one eye, poor eye teaming and reduced efficiency at work and at play." (Grossman 2010).

Even if quite everybody experienced eye stress, it is difficult to determine an objective value for eye stress. Several methods are used to objectively measure the eye stress but none of them have proven to be reliable and accurate. We find for instance a lot of literature about the correlation between critical flicker fusion threshold and eye stress. This correlation is not reliable because at the same time correlations with other variables are present. Other influencing variable are for instance: body temperature, after alcohol and other drugs intake, pupil size, criteria, etc. (Racene 2003; Landis 1954). A relatively new approach for objectively assessing the eye stress consists in analyzing the microfluctuations of the accommodation (Iwasaki & Kurimoto 1987). Accommodation is the process by which the eye adapts optical power to maintain a clear image of objects at varying distances. While staring to immobile visual target the accommodation response is not stationary; these fluctuations of the accommodation are called microfluctuations (Campbell et al. 1959). Microfluctuations are usually described in the literature with amplitude of less than 0.25 D and frequency of few Hz (Toshida et al. 1998). Due to the technical difficulties in measuring microfluctuations, there are divergent results and disputes concerning the source of microfluctuations. Such unstable signal could be due to changes of the lens shape or artifacts introduced by the instrument, the pulse, the respiration, movements of the

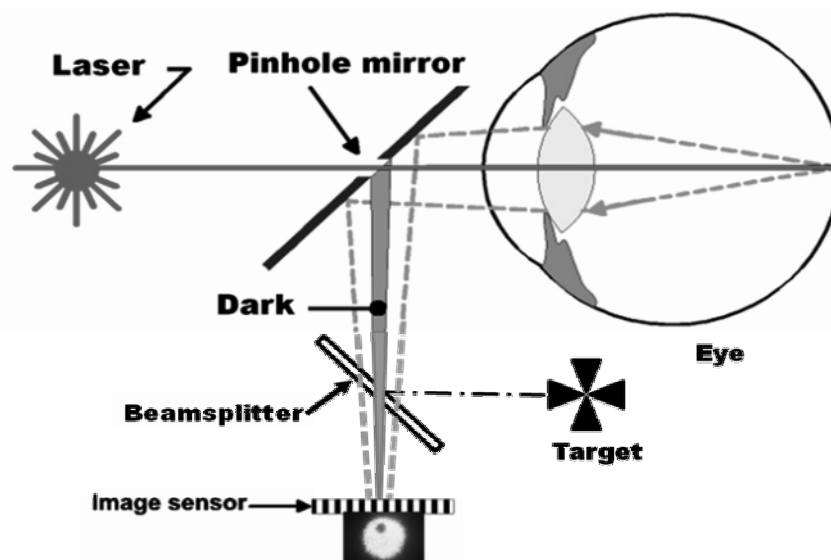


eye, etc. (Muma et al. 2005). In this work we correlate the CFFT and microfluctuations with the eye stress due to prolonged near vision work (more than 4 hours). We measure the CFFT in two different ways and compare reliability of the two methods. Further we track the microfluctuations with a custom made optometer allowing recording of accommodation up to 95 Hz with a maximum accuracy of 0.005 D (Monticone et al. in press; Monticone & Menozzi 2010).

## 2. Methods

### 2.1 Set up for assessment of microfluctuations

In this work, we used a custom made optometer recording accommodation up to 95 Hz with a maximum accuracy of 0,005 D. Furthermore, our device has no moving parts, therefore excluding artifacts due to mechanical properties such as resonance or inertia. While tracking the accommodation, our optometer allows a synchronous detection of shape and position of the pupil and therefore estimation of gaze direction and of the pupillary diameter as well. The working principle of our optometer consists in analyzing an image produced by a reference object, which is placed at a fix distance from an image sensor and which is illuminated by light exiting the pupil of the eye under test. The size of the image varies with the vergence of the light exiting the pupil and therefore varies with the accommodation. The eye emits light because a light spot is projected on the retina and part of this light is diffusely reflected back outside the eye (figure 1). For further details on the optometer see Monticone et al. (in press) and Monticone & Menozzi (2010).



**Figure 1:** Schematic diagram of the device used to record accommodation consisting out of a laser light source, a pinhole mirror and an image sensor (CCD camera). Fixation targets are presented at various distances using a beam splitter. The photograph on the bottom of the scheme gives an example of a recorded image

### 2.2 Set up for CFFT assessment

The setup for the CFFT assessment consists out of a square wave signal generator that controls a 50 mm by 50 mm visual target placed at a few millimeters from the



cornea. The signal generator allows control of the flickering frequency. A LED array WU-M-295-W produced by Vossloh-Schwabe Optoelectronic GmbH & Co. KG (Kamp-Lintfort) is used as flicker target. In order to have a homogeneous luminous emission, a diffuser is placed in front of the LED array. The diffused peak luminance emitted by the target is 380 cd/m<sup>2</sup>.

### *2.3 Experiment procedure*

In our experiment, microfluctuations and CFFT were assessed monocularly in two subjects before and after prolonged near vision work.

We measured two healthy young subjects with full visual acuity (>1.0) at 1D and 4 D. Every subject is measured 10 times: 5 times before and 5 times after a prolonged near vision work load lasting more than 4 hours. Every time also CFFT and microfluctuations are measured.

CFFT is measured monocularly in two ways: with the eye opened and with the eye closed. We assume that closing the eye enables a better control of experimental conditions than keeping the eye open. With the eye closed is still possible to see the light and some experiment conditions are kept more constant. For instance with the eye closed the accommodation will be equal to the rest point, the size of the pupil will be more constant because not stimulated by the accommodation, the eyelid and the eyebrow do not move in the visual field eventually simulating a false flickering stimulus. Of course there are even new introduced variable like the strength used to close the eye. However for each of these two method the subject find the CFFT both increasing the frequency till the flickering looks disappeared (bottom up research) and decreasing the frequency till the visual target looks beginning to flicker (top down research). Every type of measurement is repeated 5 times. Therefore for each subject we record 5(n. of days) · 2(times per day) · 2(open or closed eye) · 2(top down or bottom up threshold) · 5(repetitions) = 200 CFFT measurements.

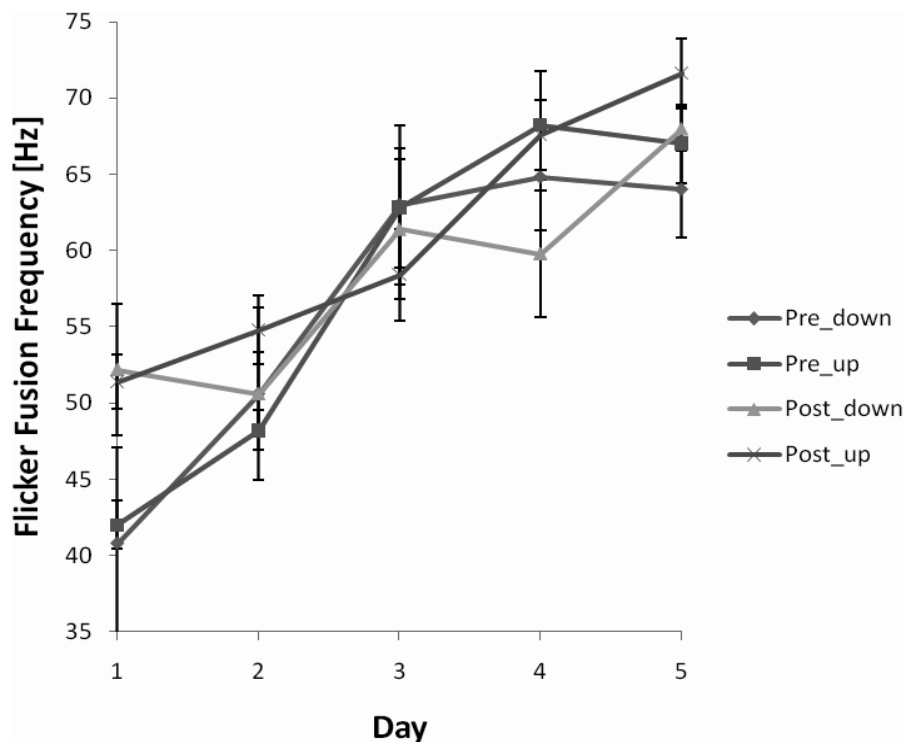
The microfluctuations are measured at four different accommodation values (1D, 2 D, 3 D, 4 D). For every value the accommodations is measured 512 times sampling at 30 Hz.

## **3. Results and conclusions**

The results do not show significant correlation between the CFFT, microfluctuations (arithmetic mean, variance, RMS, kurtosis, median, skewness, maximum, minimum and range) and eyestrain. The results of the CFFT show a strong learning effect (figure 2). This means that the CFFT is strongly depending by the used strategy. The strategy is still improving after 200 estimations of CFFT, it is thus difficult to train the subjects enough in order to bring their strategy in a saturation point. As expected the accommodation measurement do not show any learning effect since the method is objective.

Lack of findings for the association between microfluctuations and eyestrain rises the question on existence of the phenomenon. This result would support the literature that does not impute the recorded microfluctuations as a fluctuation of the accommodation but eventually as an artifact generated by the instrument or by the inevitable eye displacements (Heijde et al. 1996). In this case, stressing the accommodation with a near view work would not result in stimulating the source of the microfluctuating signal. On the other side, if the phenomenon was present but not visible in our

experiment, possibly four hours of near view work are not enough to affect the accommodation in steady state at stimulated demands of 1D, 2 D, 3 D and 4D.



**Figure 2:** Example of results of CFFT assessed using the eye closed method. In the legend "Pre" and "Post" stands for before and after prolonged near vision work while "down" and "up" refers to the top-down and bottom-up threshold search. Every point is the average of 5 consecutive measurements. In all cases a strong learning effect is evident. The error bar show the standard deviation calculated on the 5 measurements for every point

#### 4. References

1. Campbell, F.W., Robson, J.G. & Westheimer, G. 1959, Fluctuations of accommodation under steady viewing conditions, *The Journal of Physiology*, 145, 579-594.
2. Grossman, M. 2010, Computer Eye Strain: How to Relieve It. Im Internet verfügbar unter: [www.visionworksusa.com](http://www.visionworksusa.com).
3. Heijde, G.L., Beers, A.P.A. & Dubbelman, M. 1996, Microfluctuations of steady-state accommodation measured with ultrasonography, *Ophthalmic and Physiological Optics*, 16, 216-221.
4. Iwasaki, T. & Kurimoto, S. 1987, Objective evaluation of eye strain using measurements of accommodative oscillation, *Ergonomics*, 30, 581-587.
5. Landis, C. 1954, Determinants of the Critical Flicker-Fusion Threshold, *Physiological Reviews*, 34, 259-286.
6. Monticone, P.P., Menozzi, M. & Schlup, M. in press, Instrument for high-speed recording of accommodation of the human eye, *Biomedizinische Technik / Biomedical Engineering*.
7. Monticone, P.P. & Menozzi, M. 2010, High speed and high accuracy accommodation tracker. In: *Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg.), Neue Arbeits- und Lebenswelten gestalten*. Dortmund: GfA-Press, S. 317-320.
8. Racene, D. 2003, Computerized device for critical flicker fusion frequency determination, *Advanced Optical Devices, Technologies, and Medical Applications, Proceedings of SPIE*, 5123, 349-354.
9. Toshida, K., Okuyama, F. & Tokoro, T. 1998, Influences of the accommodative stimulus and aging on the accommodative microfluctuations, *American Academy of Optometry*, 75, 221-226.

## **Prävention von MSE, berufliche Rehabilitation und Arbeit im Gesundheitswesen**



## **Repetitive Strain Injuries (RSI): Ansprüche, Mythen, Fakten und Rückfallprophylaxe**

Hardo SORGATZ, Henriette REINECKE und Kerstin WOLL

*Institut für Psychologie, Technische Universität Darmstadt,  
Alexanderstr. 10, D-64283 Darmstadt*

**Kurzfassung:** Tätigkeitsbedingte muskuloskeletale Schmerzen tragen ein hohes Chronifizierungsrisiko, wenn akut entstehende Bewegungsschmerzen mit arbeitsabhängigen Bewegungswiederholungen gekoppelt sind. Dies zu verhindern, sind Konzepte der internationalen Schmerzforschung stärker in arbeitswissenschaftliche Maßnahmen zu integrieren.

**Schlüsselwörter:** Repetitive Strain Injuries, PC-Arbeit, Schmerzchronifizierung.

### **1. Neuronale Grundlagen berufsbedingter Bewegungsschmerzen**

Die International Association for the Study of Pain (IASP) hat das Jahr 2009/10 muskuloskeletalen Schmerzen gewidmet. Weltweit werden mehr muskuloskeletale Schmerzen erlebt als jede andere Art von Schmerz. Für die Behandlung akuter Schmerzen stehen wirksame Mittel zur Verfügung. Dagegen werden chronifizierte muskuloskeletale Schmerzen nur vorübergehend bewältigt, aber nicht geheilt (IASP 2009).

Krankheiten des Muskel-Skelett-Systems sind schmerzhaft und schränken Bewegungen am Arbeitsplatz ein. Muskuloskeletale Beschwerden und „Krankheiten des Weichteilgewebes im Zusammenhang mit Beanspruchung, Überbeanspruchung und Druck“ können nach internationaler Konvention „of occupational origin“ sein (ICD 10 M70ff.). Unfallversicherer weisen auf mögliche Gefahren durch repetitive Bewegungen an Eingabegeräten der Informationstechnik hin. Durch wiederholte Beanspruchung von Muskeln, Sehnen und Nerven können Verletzungen, sog. Repetitive Strain Injuries (RSI), entstehen (Ferguson 1971).

Nach Experimentalstudien an Tiermodellen bewirken kraftarme repetitive Bewegungen Koordinierungsstörungen durch Verletzungen und Entzündungen in Muskeln, Sehnen und Nerven (Elliot et al. 2009; Rani et al. 2009). Ergebnisse zellbiologischer Experimente und klinische Studien mit bildgebenden Verfahren haben im letzten Jahrzehnt zu einem Perspektivwechsel im Verständnis chronischer Schmerzkrankheiten geführt: Unzureichend behandelte Schmerzen hinterlassen Spuren im Zentralsnervensystem, die sich klinisch als Hyperalgesie äußern. Chronische Schmerzen sind eher selten durch unvollständig abgeheilte Entzündungen, Gewebs- oder Nervenverletzungen zu erklären, sondern werden durch schmerzbedingte „krankhafte Veränderungen der Signalverarbeitung im Nervensystem verursacht oder verstärkt“ (Sandkühler 2001).

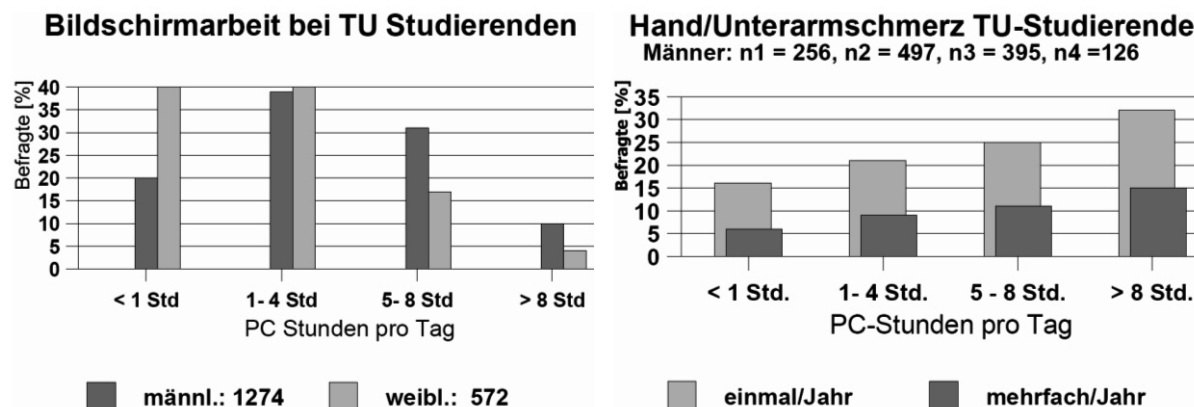
Konzeptionelle wie praktische Folgerungen aus dem Perspektivwechsel der Schmerzforschung und –behandlung für Arbeitswissenschaften und Berufskrankheitenrecht sind zu erwarten (Woolf & Salter 2000; Latremoliere & Woolf 2009; Hartmann & Spallek 2009). Verletzungen verursachende und/oder schmerzhaft repetitive Bewegungen können durch nozizeptive Lernprozesse in höheren neuronalen

Zentren entscheidenden Einfluss auf die Schmerzchronifizierung haben; „Lernen“ ist im Unterschied zum „Erkennen“ an repetitive Darbietungen äußerer oder körpereigener Reize gekoppelt (Barr 2006; Sorgatz 2002).

## 2. Epidemiologische und präventive Studien an Bildschirmarbeitsplätzen

In epidemiologischen Studien an Bildschirmarbeitsplätzen wurden statistische Zusammenhänge zwischen Bewegungswiederholungen und schmerzhaften muskuloskeletalen Beschwerden aufgezeigt (Klussmann et al. 2008; Thomsen et al. 2008). Präventions- und Therapieprogramme gegen RSI-typische Beschwerden sind entwickelt und metaanalytisch evaluiert worden. Beide Untersuchungsansätze weisen auf moderate Zusammenhänge zwischen repetitiver motorischer Belastung und der Häufigkeit schmerzhafter Beschwerden im Hand/Arm-Bereich hin. Die höhere Prävalenz muskuloskeletaler Schmerzen bei weiblichen Beschäftigten und Faktoren wie Arbeitszufriedenheit und Selbstbestimmtheit wirken sich vermutlich so stark aus, dass langfristig wirkende, aber vergleichsweise schwache Chronifizierungsprozesse nur bei sehr großen Stichproben auch statistisch bedeutsam werden. Zudem setzten die Studienautoren bei ihren Befragungsinstrumenten unterschiedliche Schwerpunkte bezüglich Verhältnis- und Verhaltensfaktoren (Verhagen et al. 2009; Oostrom et al. 2009; Macfarlane et al. 2009). Epidemiologische Untersuchungen an Studierenden haben, neben der Verfügbarkeit größerer Stichproben und guter Rücklaufquoten, den Vorteil einer gleichartigen Selbstbestimmtheit der Arbeitsabläufe. Zudem sind Studierende als zukünftige Mediatoren präventiver Konzepte und für Langzeitstudien geeignet (Tullar et al. 2007).

In einer Fragebogenerhebung zum Studierverhalten wurden die Befunde anderer Autoren (Menéndez et al. 2009) an Studierenden der Technischen Universität (TU) Darmstadt bei einer Rücklaufquote von 1846/2350 bestätigt (vgl. Abbildung 1).

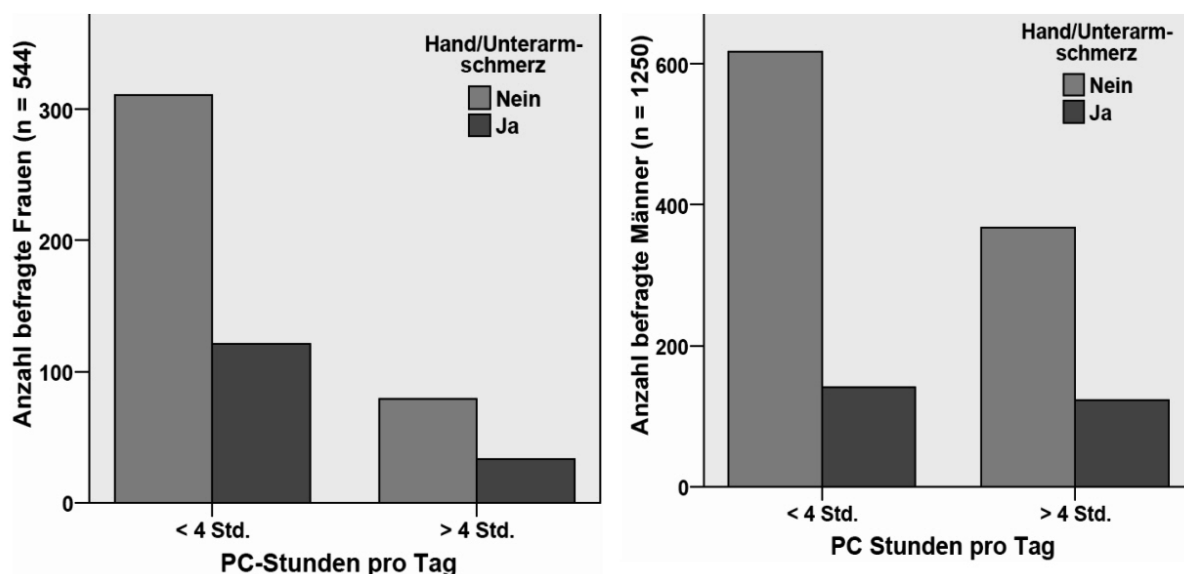


**Abbildung 1:** Stunden am PC pro Tag von Studierenden der TU-Darmstadt (links) und Hand-/Unterarmschmerz bei Studierenden der TU-Darmstadt in Abhängigkeit von den Stunden am PC pro Tag (rechts)

Über 40% der männlichen Studierenden sind täglich vier und mehr Stunden an Bildschirmgeräten tätig (vgl. Abbildung 1, links). Nackenschmerzen werden von diesen Studenten etwas häufiger genannt als von Studenten mit weniger Bildschirmtätigkeit (OR = 1,28, CI = 1,02 – 1,61). Schmerzen im Hand/Arm-Bereich stehen bei Studenten in einer moderaten Belastungs-Wirkungsbeziehung zur täglichen Arbeitszeit am Bildschirmgerät (Abbildung 1, rechts:  $\chi^2 = 13,93$ , FG = 3, p = 0,003 und Ab-



bildung 2, rechts: OR = 1,47, 95% CI = 1,11 – 1,93) nicht jedoch bei den Studentinnen (Abbildung 2, links: OR = 1,07; CI = 0,69 – 1,69). Für andere Körperregionen, sowie für die Gesamtstichprobe, sind keine statistisch signifikanten Zusammenhänge zwischen Bildschirmarbeit und muskuloskeletalen Schmerzen vorhanden.



**Abbildung 2:** Prozentualer Anteil von Studentinnen (links) und Studenten (rechts) die Hand-/Unterarmschmerzen nennen, in Abhängigkeit von den PC-Stunden pro Tag

Auswirkungen des an Tiermodellen belegten Kausalzusammenhangs zwischen repetitiver Bewegung und Mikroverletzungen in den oberen Bewegungsorganen sind auch in arbeitswissenschaftlichen Feldstudien zu beobachten; ebenfalls deutlicher bei männlichen Beschäftigten als bei weiblichen. Katamnestische Daten mit Beobachtungszeiträumen von fünf Jahren und länger könnten auch darüber Auskunft geben, welche der in Querschnittstudien beobachteten subakuten RSI-typischen Schmerzen chronifizieren. In Längsschnittstudien wäre auch das RSI-Risiko von Studierenden mit Bewegungsschmerzen aus den Kontrollgruppen zu klären, wenn ihre tägliche Arbeitszeit am Bildschirm im Verlauf der späteren Berufstätigkeit zunimmt.

### 3. Schlussfolgerungen für RSI Prävention und Rückfallprophylaxe

Die schwachen Wirkungsnachweise ergonomischer Maßnahmen und zeitlich begrenzter aber intensiver Präventionsprogramme erfordern extensivere Präventions- und Evaluationsmaßnahmen. Eine wissenschaftlich begründbare Bewertung des Zusammenhangs zwischen subakuten Mikroverletzungen, „Schmerzgedächtnis“ und Chronifizierung von Bewegungsschmerzen ist als notwendiger Bestandteil von Verordnungen, Sicherheitsregeln und Präventionskursen vorzusehen, auch wenn der Positivbeweis für die klinische Relevanz dieser Konzepte noch nicht erfolgt ist. Nach einem ersten Arbeitsausfall wegen RSI-typischer Beschwerden in den oberen Extremitäten könnte die Anwendung spezieller neuropsychologischer und physiotherapeutischer Maßnahmen den Rückfall in Schmerz-generierende Bewegungsmuster verhindern (Barr 2006; van Vliet & Heneghan 2006).

#### 4. Literatur

1. Barr, A. 2006, Tissue pathophysiology, neuroplasticity and motor behavioural changes in painful repetitive motion injuries, *Manual Therapy*, 11, 173-174.
2. Elliot, M.B., Barr, A.E. & Barbe, M.F. 2009, Spinal substance P and neurokinin-1 increase with high repetition reaching, *Neuroscience Letters*, 454, 33-37.
3. Ferguson, D. 1971, Repetition injuries in process workers, *The Medical Journal of Australia*, 2, 408-412.
4. Hartmann, B. & Spallek M. 2009, Arbeitsbezogene Muskel-Skelett Erkrankungen, *Arbeitsmedizin Sozialmedizin Umweltmedizin*, 8, 423-436.
5. International Association for the Study of Pain (IASP) 2009, Global Year Against Musculoskeletal Pain, Zugriff am 01.01.2010. Im Internet verfügbar unter: <http://www.iasp-pain.org//AM/Template.cfm?Section=Home>
6. Karjalainen, K.A., Malmivaara, A., van Tulder, M.W., Roine, R., Jauhiainen, M., Hurri, H. & Koes, B.W. 2009, WITHDRAWN: Biopsychosocial rehabilitation for upper limb repetitive strain injuries in working age adults, *Cochrane Database of Systematic Reviews*.
7. Klusmann, A., Gebhard, H., Liebers F. & Rieger M.A. 2008, Musculoskeletal symptoms of the upper extremities and the neck: a cross-sectional study on prevalence and symptom-predicting factors at visual display terminal (VDT) workstations, *BMC Musculoskeletal Disorders* 2008, 9:96. Zugriff am 5.01.2010. Im Internet verfügbar unter: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2474829/pdf/1471-2474-9-96.pdf>.
8. Latremoliere, A. & Woolf, C.J. 2009, Central sensitization: a generator of pain hypersensitivity by central neural plasticity, *Journal of Pain*, 10, 895-926.
9. Macfarlane, G.J., Palleswatte, N., Paudyal, P., Blyth, F.M., Coggon, D., Crombez, G., Linton, S., Leino-Arjas, P., Silman, A.J., Smeets, R.J. & van der Windt, D. 2009, Evaluation of work-related psychosocial factors and regional musculoskeletal pain, *Annals of the Rheumatic Diseases*, 68, 885-891.
10. Menéndez, C.C., Amick, B.C. 3rd, Jenkins, M., Caroom, C., Robertson, M., Harist, R.B. & Katz, J.N. 2009, Upper extremity pain and computer use among engineering graduate students, *American Journal of Industrial Medicine*, 52, 113-123.
11. van Oostrom S.H., Driessen M.T., de Vet H.C.W., Franche R.L., Schonstein E., Loisel P., van Mechelen W. & Anema J.R. 2009, Workplace interventions for preventing work disability (Review), *Cochrane Database of Systematic Reviews* 2009, Issue 2. Art. No.: CD006955.
12. Rani, S., Barbe, F.B., Barr, A.E. & Litvin, J. 2009, Induction of periostin-like-factor and periostin in forearm muscle, tendon and nerve in an animal model of work-related musculoskeletal disorder, *Journal of Histochemistry and Cytochemistry*, 57, 1061-1073.
13. Sandkühler, J. 2001, Schmerzgedächtnis: Entstehung, Vermeidung und Löschung, *Deutsches Ärzteblatt*, Jg. 98, Heft 42, A2725 – A2730.
14. Sorgatz, H. 2002, „Repetitive Strain Injuries“ – Unterarm-/Handbeschwerden aufgrund repetitiver Belastungsreaktionen des Gewebes, *Orthopäde*, 31, 1006-1014.
15. Thomsen, J.F., Gerr, F. & Atroshi, I. 2008, Carpal tunnel syndrome and the use of computer mouse and keyboard: a systematic review, *BMC Musculoskeletal Disorders*, 9:134. Zugriff am 01.01.2010. Im Internet verfügbar unter: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2569035/pdf/1471-2474-9-134.pdf>.
16. Tullar, J., Amick, B.C. 3rd, Robertson, M.M., Fossel, A.H., Coley, C., Hupert, N., Jenkins, M. & Katz, J.N. 2007, Direct observation of computer workplace risk factors of college students, *Work*, 28, 77-83.
17. van Vliet, P.M. & Heneghan, N.R. 2006, Motor control and the management of musculoskeletal dysfunction, *Manual Therapy*, 11, 208-213.
18. Verhagen, A.P., Karels, C.C., Bierma-Zeinstra, S.M., Burdorf, L.L., Feleus, A., Dahaghin, S.S., de Vet, H.C. & Koes, B.W. 2009, WITHDRAWN: Ergonomic and physiotherapeutic interventions for treating work-related complaints of the arm, neck or shoulder in adults, *Cochrane Database of Systematic Reviews* 2009, Jul 8;(3):CD003471.
19. Woolf, C.J. & Salter, M.W. 2000, Neuronal plasticity: increasing the gain in pain, *Science*, 288, 1765-1768.

## Präsentismus und Muskel-Skelett-Beschwerden

Joachim VOGT<sup>1</sup> und Melanie SCHNEE<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Institut für Psychologie, Technische Universität Darmstadt,  
Alexanderstraße 10, D-64238 Darmstadt*

<sup>2</sup> *Bertelsmann Stiftung,  
Carl-Bertelsmann-Straße 256, D-33311 Gütersloh*

**Kurzfassung:** Präsentismus bezeichnet das Verhalten, trotz gesundheitlicher Beeinträchtigungen zur Arbeit zu gehen, und den damit verbundenen Produktivitätsverlust (Vogt, Badura & Hollmann 2009). In der Bevölkerungsbefragung des Gesundheitsmonitors der Bertelsmann Stiftung wurden im Frühjahr 2007 und Herbst 2008 rund 3.000 Personen gefragt, wie oft es vorkam, dass sie in den letzten zwölf Monaten zur Arbeit gegangen sind, obwohl sie sich richtig krank fühlten. Interessant ist dabei der Vergleich der Gruppen, die auf diese Frage „mehrmals“ (Präsentismus) und „nie“ (kein Präsentismus, Kontrollpersonen) geantwortet haben. In Bezug auf Muskel-Skelett-Beschwerden gaben einige Befragte im Herbst 2008 zusätzlich an, wie stark sie in den letzten zwei Wochen an Rückenschmerzen, an Schmerzen in Muskeln oder Gelenken, unter Gefühlen von Schwere in den Armen und Beinen, Taubheit oder Kribbeln litten. Personen mit Präsentismusverhalten berichteten häufiger als Kontrollpersonen von mittleren, starken oder sehr starken Muskel-Skelett-Beschwerden.

**Schlüsselwörter:** Absentismus, Muskel-Skelett, Präsentismus.

### 1. Einleitung

Das Thema Krankenstand wird in Deutschland kontrovers diskutiert. 2006 meldete das Bundesministerium für Gesundheit (BMG 2006), der Krankenstand sei auf dem niedrigsten Niveau seit Jahren angekommen. 2009 zeigten Erhebungen der Ortskrankenkassen (WIdO 2009) und der Betriebskrankenkassen (BKKen, spectrum K 2009), dass der Krankenstand wieder leicht anstieg. Einen erheblichen Anteil am Krankenstand hat die Arbeitsunfähigkeit aufgrund von Muskel-Skelett-Beschwerden. Muskel-Skelett-Beschwerden entstehen sowohl durch physische Belastungen wie z.B. abwechslungsarme und dauerhaft im Sitzen verrichtete Bildschirmarbeit oder Lastenheben als auch durch psychische Belastungen wie z.B. geringer Handlungsspielraum. Physische und psychische Belastungen sollten daher in Job-Exposure-Matrizen vertreten sein (Bödecker 2002). 2008 berichteten die BKKen von 4,2 Milliarden Euro Arbeitsunfähigkeitskosten durch Muskel-Skelett-Krankheiten. Krankenstand und Absentismus sind damit zu strategischen Kennzahlen der Betriebs- und Volkswirtschaft geworden. Die Produktivität von Unternehmen und Volkswirtschaften wird nicht nur durch abwesende Mitarbeiter beeinträchtigt, sondern auch durch solche, die am Arbeitsplatz erscheinen, obwohl sie sich krank fühlen. Krankheit verstehen die Autoren im Sinne der Weltgesundheitsorganisation als unvollständiges physisches, psychisches oder soziales Wohlbefinden und schließen damit Präsentismus durch z.B. mangelhafte Motivation oder schlechte Führung von Mitarbeitern ein. Arbeitet man trotzdem, werden dieses Verhalten und damit verbundene Produktivitätsverluste als Präsentismus bezeichnet. Die Kosten von Präsentismus liegen

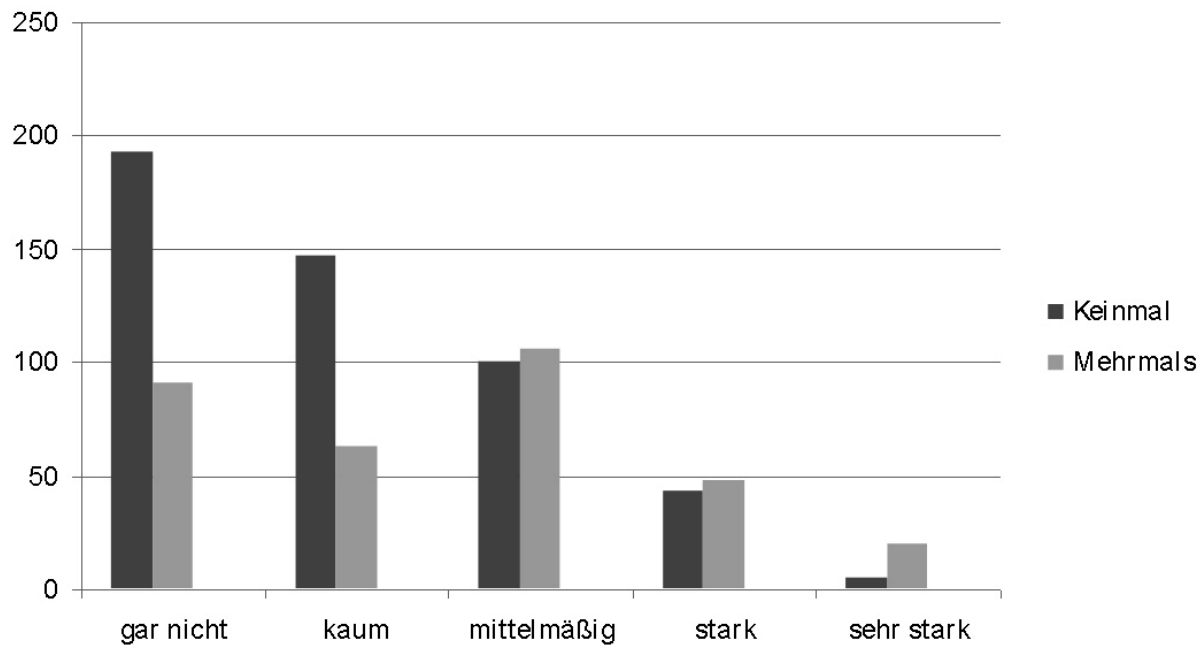
deutlich über denen des Absentismus (Hemp 2004): In einer Studie der amerikanischen Bank One verteilten sich die geschätzten betrieblichen Krankheitskosten zu 63% auf Präsentismus und zu 6% auf Absentismus. 24% entfielen auf direkte medizinische Behandlungskosten, 6% auf kurzfristige und 1% auf langfristige Berufsunfähigkeit.

## 2. Methode

Der Gesundheitsmonitor der Bertelsmann Stiftung enthält eine halbjährliche Befragung von Krankenversicherten seit 2001. Diese wird nach Bedarf um aktuelle Themen ergänzt, so auch um eine Standardfrage zum Präsentismus im Frühjahr 2007 (Welle 12) und im Herbst 2008 (Welle 15). Die Befragten sollten angeben, wie oft es vorkam, dass sie in den letzten zwölf Monaten zur Arbeit gegangen sind, obwohl sie sich richtig krank fühlten. Im englischen Original lautete die Frage „has it happened over the previous 12 months that you have gone to work despite feeling that you really should have taken sick leave because of your state of health?“ (Aronsson & Gustafson 2005). Die Antwortskala war im Original fünfstufig: (1) not relevant because I have not been sick; (2) no, never; (3) yes once; (4) yes 2 to 5 times; (5) yes, more than 5 times. Anders als im englischen Original standen im Gesundheitsmonitor nur drei Antwortmöglichkeiten zur Verfügung, nämlich nie, einmal oder mehrmals („zweimal oder öfter“). Dies entspricht wiederum vielen internationalen Studien, in denen die originale fünfstufige Antwortskala zu eben diesen drei Kategorien zusammengefasst wurde. Interessant ist dabei der Vergleich der beiden Gruppen, die nie und mehrmals geantwortet haben. Trotz eines Krankheitsempfindens einmal zur Arbeit zu gehen (mittlere Antwortkategorie), ist nicht ungewöhnlich. Erst wenn dies häufiger geschieht, ist das ein Kriterium für Präsentismus. Die Hauptfrage zur Erfassung von Präsentismusverhalten wurde in der Welle 15 des Gesundheitsmonitors weiter spezifiziert, beispielsweise wie oft es vorkam, dass man gegen den Rat des Arztes zur Arbeit ging oder dass man mit der Genesung bis zum Wochenende durchgehalten hat. Auch die Gründe für Präsentismus wurden erfasst, etwa ob man krank zur Arbeit ging, um Kollegen nicht im Stich zu lassen oder weil man Konsequenzen fürchtete. Die Ergebnisse zur Entwicklung von Präsentismusverhalten 2007-2008 sowie Zusammenhänge mit Soziodemographie, Führung, Betriebsklima, Fremdbestimmung und emotionaler Belastung bei der Arbeit sind bereits veröffentlicht (Vogt et al. 2009). Datengrundlage für die Auswertungen zum Präsentismus waren die etwa 3.000 Befragten der Erhebungen des Gesundheitsmonitors von Frühjahr 2007 (Welle 12) und Herbst 2008 (Welle 15). In der Welle 15 des Gesundheitsmonitors wurden zusätzlich Fragen zu Muskel-Skelett-Beschwerden gestellt. Es wurde ausgewertet, wie stark die 1.469 Teilnehmer der Welle 15 in den letzten zwei Wochen vor der Befragung an Rückenschmerzen, an Schmerzen in Muskeln oder Gelenken, unter Gefühlen von Schwere, Taubheit oder Kribbeln litten. Die Antwortalternativen waren gar nicht, kaum, mittelmäßig, stark oder sehr stark. Von den knapp anderthalbtausend Teilnehmern der Welle 15 haben 595 sowohl die Fragen zum Präsentismus als auch die zu Muskel-Skelett-Beschwerden beantwortet, deren Zusammenhang in diesem Beitrag darzustellen sind. Mittels Varianzanalyse wurde geprüft, ob Personen, die Präsentismusverhalten angaben, auch von stärkeren Muskel-Skelett-Beschwerden berichteten.

### 3. Ergebnisse

Abbildung 1 ist zu entnehmen, dass die überwiegende Mehrzahl der Befragten, die kein Präsentismusverhalten berichteten, auch keine oder kaum Schmerzen in Muskeln oder Gelenken angaben. Personen, die nach eigenen Angaben mehrmals krank zur Arbeit gegangen sind (Präsentismus), berichteten dagegen mehrheitlich moderate, starke oder sehr starke Schmerzen in Muskeln oder Gelenken.



**Abbildung 1:** Anzahl der Personen, die nach eigenen Angaben in den letzten zwölf Monaten *keinmal* bzw. *mehrmals* krank zur Arbeit gingen und in den letzten zwei Wochen *gar nicht*, *kaum*, *mittelmäßig*, *stark* bzw. *sehr stark* unter Schmerzen in Muskeln und Gelenken litten (Haupteffekt Präsentismus  $F(1, 594) = 24.526$ ,  $p = 0.000$ )

Die anderen Fragen nach Rückenschmerzen, Gefühlen von Schwere, Taubheit oder Kribbeln ergaben ähnliche Bilder. Auch hier waren die Personen, die keinen Präsentismus zeigten, überzufällig frei von Muskel-Skelett-Beschwerden.

### 4. Diskussion

Die Zusammenhänge zwischen Präsentismus und Muskel-Skelett-Beschwerden können zum großen Teil mit gemeinsamen Ursachen erklärt werden, die in suboptimaler Arbeitsgestaltung liegen. Als wahrscheinliche Ursachen wurden in Faktoren- und Regressionsanalysen Fremdbestimmung, emotionale Belastung, mangelnde Arbeitsfreude und schlechtes Betriebsklima (mangelnde soziale Unterstützung) identifiziert (Vogt et al. 2009). Auch andere Studien belegen enge Zusammenhänge von arbeitsbedingten psychischen Fehlbeanspruchungen mit Präsentismus (DGB 2009) einerseits und Muskel-Skelett-Beschwerden andererseits (Richter 2006). In der Informationstechnologie tätige Personen, die durch die Bildschirmarbeit anfällig sind für Fehlbeanspruchungen im Hand-Arm-Nackenbereich („Mausarm“), gaben zu 40% an, dass sie ohne Krankschreibung (Präsentismus) unter Muskel-Skelett-Beschwerden leiden (nur 12% wurden arbeitsunfähig geschrieben; Siebecke 2009). Gleichzeitig berichteten 60% der Personen mit Muskel-Skelett-Beschwerden, dass sie arbeitsbe-



dingt psychische Probleme haben (Siebecke 2009). Interventionen des Arbeits- und Gesundheitsschutzes, die erfolgreich gesundheitlichen Beschwerden und Präsentismus vorbeugen, müssen an diesen Ursachen ansetzen. Dies bringt nicht nur gesundheitliche Vorteile für die Mitarbeiter sondern auch finanziellen Return on Investment (ROI) für die Unternehmen. In den USA durchgeführte Metaanalysen (Chapman 2003, 2005), die auf 42 beziehungsweise 58 Originalstudien beruhten, kamen zu dem Ergebnis, dass jeder in Präventionsmaßnahmen investierte Dollar sechsfach zurückkam (Chapman 2005), weil Präsentismus (und Absentismus) vorgebeugt wurde. Der ROI dürfte bei Investitionen in die Führungskräfteentwicklung besonders hoch sein, weil die oben beschriebenen Ursachen für Präsentismus am wirksamsten durch die operativen Führungskräfte bekämpft werden können: Es liegt in ihrer Verantwortung, auf Ergonomie zu achten, Arbeitsfreude und Betriebsklima zu pflegen sowie Fremdbestimmung und emotionale Belastungen zu minimieren.

## 5. Literatur

1. Aronsson, G. & Gustafsson, K. 2005, Sickness Presenteeism: Prevalence, Attendance-Pressure Factors & an Outline of a Model for Research, *Occupational Environmental Medicine*, 47, 958-966.
2. Betriebskrankenkassen - BKK 2008, Kosten arbeitsbedingter Erkrankungen und Frühberentung in Deutschland. Essen: Bundesverband der BKK.
3. Bundesministerium für Gesundheit - BMG 2006, Krankenstand mit 3,3 Prozent auf historischem Tiefststand. Pressemitteilung vom 2.1.2006. Im Internet verfügbar unter: [www.bmg.bund.de](http://www.bmg.bund.de) (Download 3.8.2009).
4. Bödecker, W. 2002, Die Job-Exposure-Matrix als Instrument für eine arbeitsweltbezogene Auswertung von Morbiditätsdaten der Krankenkassen, *Zeitschrift für Arbeitswissenschaft*, 56, 330-339.
5. Chapman, L.S. 2003, Meta-Evaluation of Worksite Health Promotion Economic Return Studies, *The Art of Health Promotion*, 6, 1-10.
6. Chapman, L.S. 2005, Meta-Evaluation of Worksite Health Promotion Economic Return Studies, 2005 Update, *The Art of Health Promotion*, July/August 2005, 1-10.
7. Deutscher Gewerkschaftsbund - DGB 2009, DGB-Index Gute Arbeit – Der Report (2009). Wie die Beschäftigten die Arbeitswelt in Deutschland beurteilen. Berlin: DGB-Index Gute Arbeit GmbH.
8. Hemp, P. 2004, Presenteeism: At Work - But Out of It, *Harvard Business Review*, October, 49-58.
9. Präsentismus in Deutschland – Umfang, Ursachen und Lösungsstrategien, Kolloquium der Bertelsmann Stiftung am 3.9.2009 in Berlin.
10. Richter, P. 2006, Psychische Fehlbelastungen als Ursache von Herz- Kreislauf- und Muskel-Skelett-Erkrankungen. In: Psychische Fehlbelastungen am Arbeitsplatz - Auswirkungen, Vermeidungsstrategien, Erfahrungsberichte. In: Sächsische Gewerbeaufsicht, Fachveranstaltung der sächsischen Gewerbeaufsicht am 23.5.2006 in Dresden. Dresden: Sächsische Gewerbeaufsicht.
11. Siebecke, D. 2009, Gesundheitsmanagement als betriebliche Ressource. In: Ahaus Gesunde Unternehmen Tagung am 4.11.2009. Im Internet verfügbar unter: [www.pragdis.de](http://www.pragdis.de) (Download 27.12.2009).
12. spectrum K 2009, Krankenstand im ersten Halbjahr 2009 wieder ansteigend. Pressemeldung vom 23.6.2009. Im Internet verfügbar unter: [www.presseportal.de/pm/72125/1445351/spectrum\\_k\\_das\\_bkk\\_gemeinschaftsunternehmen](http://www.presseportal.de/pm/72125/1445351/spectrum_k_das_bkk_gemeinschaftsunternehmen) (Download 3.8.2009).
13. Vogt, J., Bandura, B. & Hollmann, D. 2009, Krank bei der Arbeit: Präsentismusphänomene. In: J. Böcken, B. Braun & J. Landmann (Hrsg.), *Gesundheitsmonitor 2009*. Gütersloh: Bertelsmann Stiftung, S. 179-202.
14. WIdO Wissenschaftliches Institut der AOK 2009, Steigender Krankenstand, Meldung vom 25. Februar 2009. Im Internet verfügbar unter: [www.wido.de/meldungakt+M5ffd42bfda4.html](http://www.wido.de/meldungakt+M5ffd42bfda4.html) (Download 3.8.2009).



# Der Einfluss von vier unterschiedlichen Pointing Devices auf muskuläre Aktivierung, Performance und Befindlichkeit im Fitt's- Law-Paradigma.

Oliver CHRIST, Arne SEEHAUS, Tim EWALD und Katrin SCHÄFER

*Institut für Psychologie, Technische Universität Darmstadt,  
Alexanderstraße 10, D-64283 Darmstadt*

**Kurzfassung:** In dieser Studie wird überprüft welche Eigenschaften Pointing Devices hinsichtlich der empfundenen und physiologischen muskulären Anspannung sowie der Performanz bei einer Fitt's Law Aufgabe aufweisen. Es zeigt sich, dass die Unterarmmuskulatur bei der Initiierung einer „Klick“-Bewegung mit alternativen Pointing Devices im Gegensatz zur Standard PC-Maus weniger angespannt ist. Letztere weist jedoch die besten Performanz-Werte auf. Die empfundene Anspannung unterscheidet sich während der Arbeit mit den unterschiedlichen Pointing Devices nicht.

**Schlüsselwörter:** Muskuläre Belastung, Pointing Device, Tastendruck, PC-Arbeitsplatz.

## 1. Einleitung

Aufgrund beobachteter muskuloskeletaler Beschwerden in den oberen Extremitäten am PC-Arbeitsplatz (z.B. Klussmann et al. 2008) ist die Computermouse (Standard-Mouse) Ziel ergonomischer Studien geworden (Lee et al. 2007). Studien, die das Pronation reduzierende Pen-Tablett untersuchen (Kotani & Horii 2003; Christ et al. 2006), zeigen im Vergleich zur Standard-Mouse eine reduzierte Muskelanspannung im Unterarm mit teilweise reduzierter Performanz. Scarlett (2005) konnte in ihrer Studie zeigen, dass bei einem Vergleich vier alternativer Pronation reduzierenden Pointing Devices (u.a. Anir- und Vertical-Mouse) kein geringeres Anspannungsempfinden beim Klicken innerhalb einer Fitt's-Law-Aufgabe zu beobachten ist. Auch wenn Scarlett (2005) auf die Abnahme von muskulärer Aktivität verzichtete, konnte wieder ein Performanzvorteil der PC-Mouse gegenüber den alternativen Pointing Devices beobachtet werden. Aufgrund möglicher Widersprüche zwischen subjektiven Urteilen und physiologischen Messungen (Gustafsson & Hagberg 2003) hat die folgende Studie das Ziel zu überprüfen, ob und wie sich die alternativen Pointing Devices (Pen-Tablett, Anir- und Vertical-Mouse) in ihrer Auswirkung auf Performanz, subjektive Anspannung und muskuläre Aktivität (Unterarm und Schulter) von der Standard-Mouse unterscheiden.

## 2. Methode

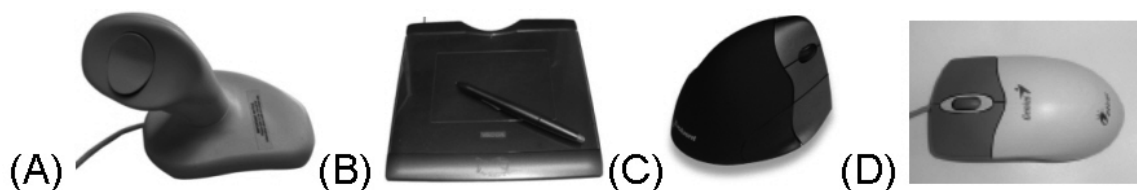
### 2.1 Stichprobe

72 gesunde männliche Probanden (65 Rechtshänder, 7 Linkshänder) im Alter zwischen 19 und 47 ( $M = 26,2$ ,  $SD = 7,2$ ) Jahren mit einer durchschnittlichen wöchentlichen Standard-PC-Mausnutzung von  $M = 19,48$ ,  $SD = 14,09$  Stunden ( $N = 72$ ) nah-

men an der Untersuchung teil. Vier Probanden kannten das Pen-Tablett und zwei Probanden kannten die Anir-Maus.

## 2.2 Versuch

Die Aufgabe der Probanden war es 640 Quadratpaare, die nacheinander an einem PC-Monitor (BenQ 17 Zoll) erschienen, weg zu klicken. Dabei klickte jeder Proband mit jedem Pointing Device (vgl. Abbildung 1) 160 Quadratpaare (Referenzquadrat mit 4,8mm Breite und Zielquadrate in den Breiten 2,4mm/9,6mm und den Distanzen 38,4mm/153,6mm) weg. Die Größen und Distanzen wurden zufällig variiert dargeboten. Nach jedem Pointing Device-Abschnitt wurde dem Proband ein Fragebogen zur Befindlichkeit vorgelegt. Das Programm zur Darstellung der Quadrate war Teil einer verteilten Applikation und wurde von den Autoren erstellt.



**Abbildung 1:** Verwendete Pointing Devices: (A) Anir Maus (3M), (B) Pen-Tablett (Wacom), (C) Vertical-Maus (Evoluent) und (D) Standard PC-Maus (Trust)

## 2.3 Elektromyographische Messung (EMG)

Die Muskelspannung wurde während eines Mausklicks (ereigniskorreliertes EMG) an Beuger- und Streckermuskulatur des rechten Unterarms und der rechten Schulter in  $\mu\text{Volt}$  erfasst. Die Ableitpunkte des EMG lagen über dem proximalen und distalen Streckermuskel *M. extensor digitorum communis*, über dem proximalen und distalen Beugermuskel *M. flexor digitorum superficialis* des rechten Unterarms und über dem rechten oberen *M. trapezius*. Abgenommen wurde mit Ambu Blue Sensor NS-00-S Elektroden. Vorverstärker von Biovision leiteten das Signal über Optokoppler und Trennverstärker mit einem Verstärkungsfaktor von 5000 in die National Instruments NI-DAQ 6025 Karte eines PCs. Dort wurde eine mit Hilfe der Klassenbibliothek Measurement Studio 7 (National Instruments) und der IDE Visual Studio 2003 entwickelte verteilte Applikation zur EMG-Aufnahme verwendet und das durch den „Klick“ getriggerte Signal bei 500 Hz und 170 Samples pro Kanal in eine Textdatei geschrieben. Dies ermöglichte die ereigniskorrelierte Erfassung (Initiierung der „Klick“-Bewegung bis zum Druck der Taste) des EMG via Trigger 140ms (70 Samples) vor dem Tasten-Anschlag (VTA) bis 200ms (100 Samples) nach dem Tasten-Anschlag. Zur Auswertung wurden pro Klick die VTA-Daten gleichgerichtet und der Mittelwert der 70 Samples bestimmt. Anschließend wurden die Mittelwerte aller Klicks pro Pointing Device und Proband bestimmt.

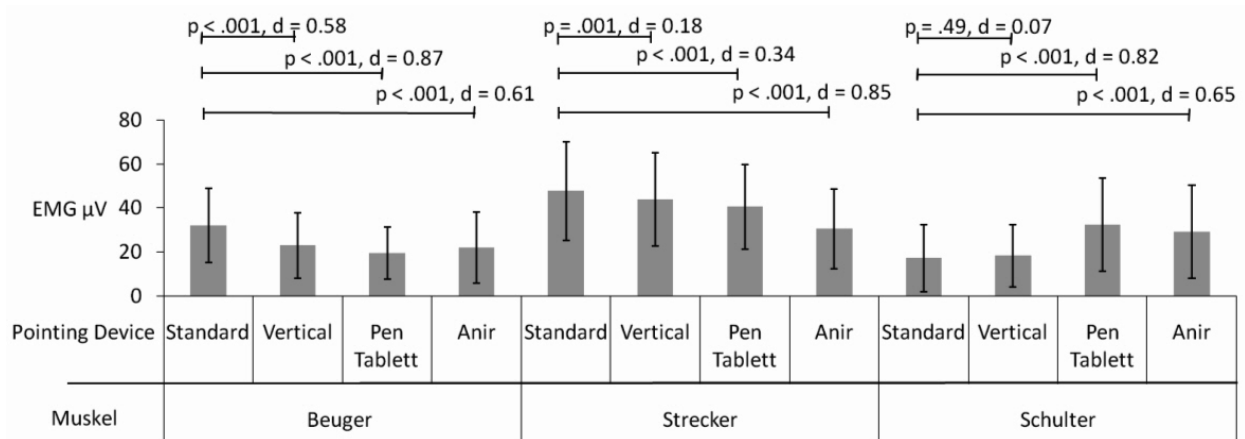
## 2.4 Bewegungszeit und Befindlichkeit

Die Bewegungszeit (BZ) wurde erfasst vom Loslassen der Taste beim Referenzquadrat bis zum Drücken der Taste am Zielquadrat in Millisekunden (ms). Die Zeiten wurden pro Proband und Pointing Device gemittelt. Die Befindlichkeit und empfundene Anspannung in den oberen Extremitäten wurde mit mehreren Visuellen Analog Skalen (VAS) in mm erfasst und jede Skala über die Pointing Devices und Proban-

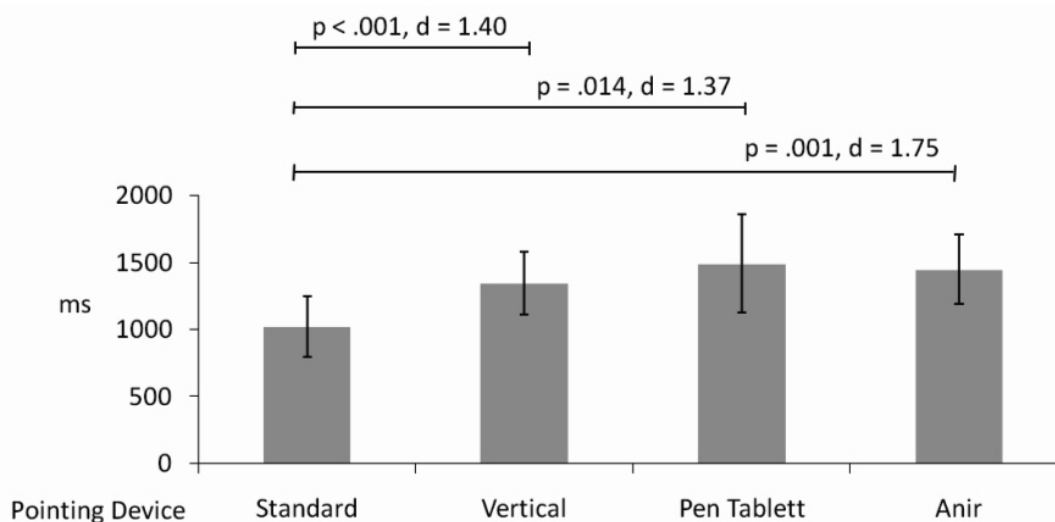
den gemittelt. Die so erhaltenen EMG-, BZ- und VAS-Werte stellten die Basis für die inferenz-statistische Auswertung. Ein Proband war wegen Abbruch nicht auswertbar.

### 3. Ergebnisse

Während die VAS-Werte keine signifikanten Unterschiede aufweisen, zeigt eine MANOVA mit Messwiederholung einen signifikanten Haupteffekt des Pointing Device auf das EMG (vgl. Abbildung 2)  $F(9,62) = 25.778$ ,  $p < .001$ ,  $\eta_p^2 = .789$ . Der Strecker zeigt die niedrigste Aktivierung bei der Anir-Maus (30,47 $\mu$ V) gefolgt von Pen-Tablett (40,53 $\mu$ V), Vertical Maus (43,91  $\mu$ V) und Standard-Maus (47,71 $\mu$ V).



**Abbildung 2:** Grand Mean Muskelaktivität in Mikrovolt ( $\mu$ V) 140ms vor dem Tastendruck in Beuger-, Strecker- und Schultermuskulatur beim Klicken von  $N = 71$  Probanden. Pointing Devices waren: Standard-, Vertical- und Anir-Maus und Pen-Tablett. Signifikanzen ( $p$ -Wert) und Effektgrößen (Cohen's  $d$ ) oberhalb der Vergleiche



**Abbildung 3:** Grand Mean Bewegungszeit (BZ) in Millisekunden (ms) von Referenzquadrat zum Zielquadrat über alle Größen und Distanzen von  $N = 71$  Probanden. Pointing Devices waren: Standard-, Vertical- und Anir-Maus und Pen-Tablett. Signifikanzen ( $p$ -Wert) und Effektgrößen (Cohen's  $d$ ) oberhalb der Vergleiche

Beim Beuger wird die niedrigste Aktivierung durch das Pen-Tablett (19,33 $\mu$ V) dann von Anir- (21,94 $\mu$ V), Vertical- (22,84 $\mu$ V) und Standard-Maus (32,01 $\mu$ V) bewirkt. Bei der Schulteraktivität zeigen Standard- und Vertical-Maus die geringsten Aktivie-

rungen (17,20/18,27  $\mu\text{V}$ ) gefolgt von Anir-Maus (29,08 $\mu\text{V}$ ) und Pen-Tablett (32,24  $\mu\text{V}$ ). Ein weiterer signifikanter Haupteffekt von Pointing Device auf die BZ (vgl. Abbildung 3) zeigte eine ANOVA mit Messwiederholung  $F(3,68) = 77.782$ ,  $p < .001$ ,  $\eta_p^2 = .774$ . Hierbei sind die schnellsten Bewegungen durch die Standard-Maus (1016ms) und die langsamsten durch das Pen-Tablett (1492ms) bedingt.

#### 4. Diskussion

Die vorliegende Studie zeigt, dass ähnlich den Ergebnissen von Gustafsson & Hagberg (2003) eine muskuloskeletale Entlastung nicht mit subjektiven Urteilen übereinstimmen muss. Gleichzeitig kann analog zu den Ergebnissen von Scarlett (2005) kein unterschiedliches Anspannungsempfinden bei der Arbeit mit den verschiedenen Pointing Devices festgestellt werden. Die vorliegende Studie kann keine generellen Aussagen über die muskuläre Belastung durch die verwendeten Pointing Devices machen, da durch die ereigniskorrelierte Abnahme zwar sehr genau, aber nur ein Teil des „Klick“-Ereignisses betrachtet wurde. Übertragen auf die Praxis ist hier die Verwendung von Software zu sehen, die häufiges Klicken erfordert (z.B. Ego-Shooter, Tabellenkalkulationen, etc.) Für Personen, die häufig mit dieser Bewegungsform am PC-Arbeitsplatz konfrontiert sind, könnte eine Entlastung der Unterarmmuskulatur durch die Verwendung der Anir-, Vertical-Maus oder dem Pen-Tablett ermöglicht werden. Hierbei scheint die muskuläre Aktivierung bei der Anir-Maus am geringsten und die Ergebnisse des Pen-Tablets teilweise mit bisherigen Studien übereinzustimmen (Christ et al. 2006). Betrachtet man die Schultermuskulatur, scheinen die alternativen Pointing Devices (bis auf die Vertical-Maus) eher für eine stärkere Anspannung zu sorgen. Dies kann durch die Neuartigkeit der Bewegung bzw. des motorischen Programms bedingt sein und spiegelt sich auch in den Bewegungszeiten (Vorteil der Standard-Maus) wieder (Scarlett 2005; Christ et al. 2006). Kontrolliert werden könnte dies durch eine Längsschnittstudie (Kotani & Horii 2003). Weitere Studien mit anderen Bewegungsformen (Drag and Drop, Tracking) sollten, nach Entwicklung einer Lösung für eine geeignete ereigniskorrelierte Abnahme, die Generalisierung der muskulären Wirkung alternativer Pointing Devices gewährleisten.

#### 5. Literatur

1. Christ, O., Sorgatz, H. & Diefenbach, S. 2006, Event related surface EMG potentials with delayed visual feedback. In: P. Konrad & D. Rosenbaum (Eds.), Naroxon EMG meeting 2006. Münster: Velamed, S. 16-17.
2. Gustafsson, E. & Hagberg, M. 2003, Computer mouse use in two different hand positions: exposure, comfort, exertion and productivity, *Applied ergonomics*, 34, 107-113.
3. Klusmann, A., Gebhardt, H., Liebers, F. & Rieger, M.A. 2008, Musculoskeletal symptoms of the upper extremities and the neck: A cross-sectional study on prevalence and symptom-predicting factors at visual display terminal (VDT) workstations, *BMC Musculoskeletal Disorders*, 9:96, 1-16.
4. Kotani, K. & Horii, K. 2003, An analysis of muscular load and performance in using a pen-tablet system, *Journal of physiological anthropology and applied human science*, 22, 2, 89-95.
5. Scarlett D. 2005, Ergonomic Mice: Comparison of performance and perceived exertion. *Usability News*, 7, 1. Im Internet verfügbar unter: <http://www.surl.org/usabilitynews/71/pdf/Usability%20News%2071%20-%20Scarlett.pdf>
6. Lee D.L., Fleisher J., McLoone H.E., Kotani K. & Dennerlein J.T. 2007, Alternative computer mouse design and testing to reduce finger extensor muscle activity during mouse use, *Human Factors*, 49, 573-584.

## Wie wirksam sind physiotherapeutische Verfahren bei chronischen Rückenschmerzen?

Christoph WEBER, Henriette REINECKE, Sonja KUGLER,  
Veronika LINDEMANN, Anne RICHARD und Aaroun SCHABEL

*Institut für Psychologie, TU Darmstadt,  
Alexanderstr.10, D-64283 Darmstadt*

**Kurzfassung:** In einer Meta-Analyse wurden die Ergebnisse randomisiert kontrollierter Studien zum Einsatz physiotherapeutischer Verfahren bei chronischen nicht Tumor bedingten Schmerzen im unteren Rückenbereich zusammengefasst und vergleichend Kennwerten medikamentöser Verfahren gegenübergestellt. Physiotherapeutische Verfahren sind wirksam zur Behandlung chronischer Schmerzen des unteren Rückenbereichs. Sie erzielen im Durchschnitt eine Schmerzreduktion von 16 Skaleneinheiten auf einer 0-100mm visuellen Analogskala (VAS). Diese Schmerzlinderung erreicht jedoch erst in Kombination mit anderen Verfahren ein Maß, das von Patienten als deutlich spürbare Verbesserung empfunden wird.

**Schlüsselwörter:** chronischer Rückenschmerz, Meta-Analyse, Physiotherapie.

### 1. Patienten mit chronischen Rückenschmerzen

Episoden von Rückenschmerzen sind mit über 25% aller Erkrankungen einer der verbreitetsten Gründe für Arbeitsausfälle (Machado et al. 2009). Bis zu 85% der Allgemeinbevölkerung erleben zumindest einmal in ihrem Leben Schmerzen im unteren Rückenbereich. In den meisten Fällen lassen die Schmerzen innerhalb von vier bis sechs Wochen nach und die Betroffenen sind in der Lage ihre normalen Aktivitäten wieder aufzunehmen (Deshpande et al. 2007). In bis zu 30% der Fälle dauern die Schmerzen ein Jahr und länger an. Rücken- und Nackenschmerzen verursachen enorme personenbezogene und gesellschaftliche Kosten und sind Hauptgrund für Arbeitsunfähigkeit (Moffett & McLean 2006).

Bevor ein Patient mit chronischen Rückenschmerzen eine spezialisierte Einrichtung aufsucht, ist er im Schnitt bereits 4,8 (sd=8,0) Jahre erkrankt (Frettlöh et al. 2009). Fast 80% der Patienten mit chronischen Rückenschmerzen geben zum Zeitpunkt ihrer Erstvorstellung einen Dauerschmerz von 7,3 (sd=1,9) Skaleneinheiten auf einer 0-10 numerischen Ratingskala (NRS) an (Frettlöh et al. 2009).

2009 veröffentlichte die Deutsche Gesellschaft zum Studium des Schmerzes (DGSS) die Leitlinie „Langzeitanwendung von Opioiden bei nicht tumorbedingten Schmerzen (LONTS)“. Darin wurde die Notwendigkeit für multimodale Therapien, die Kombination medikamentöser, psychotherapeutischer und physiotherapeutischer Verfahren, herausgehoben. Um zu ermitteln welchen Nutzen physiotherapeutische Verfahren bei der Behandlung chronischer nicht tumorbedingter Schmerzen haben, wurde eine Meta-Analyse erstellt. Die hier berichteten Daten sind ein Auszug aus dieser Meta-Analyse.



## 2. Literatursuche und Selektion randomisiert kontrollierter Studien

Im September 2009 wurde eine umfassende Literatursuche in den Datenbanken Pubmed, Embase, Psynex plus, Cochrane Library, Hogrefe, Springer und Thieme durchgeführt. Gesucht wurde nach nicht medikamentösen Behandlungen für chronische nicht tumorbedingte Schmerzen. Die Suche ergab 2145 Treffer. Folgende Kriterien führten zum Ausschluss von Studien aus der Meta-Analyse:

- keine nicht medikamentösen Behandlungen untersucht
- keine no-treatment Kontrollgruppe vorhanden
- kein RCT
- keine chronischen Rückenschmerzen untersucht
- keine Werte zu Schmerzintensität berichtet
- kein Abstract in o.g. Datenbanken
- cross-over Studie
- Behandlungsdauer < drei Wochen

Jede Studie musste Stichprobengröße, Mittelwerte und Standardabweichungen einer Schmerzintensitätsskala vor und nach der Behandlung angeben, um in die Meta-Analyse aufgenommen zu werden.

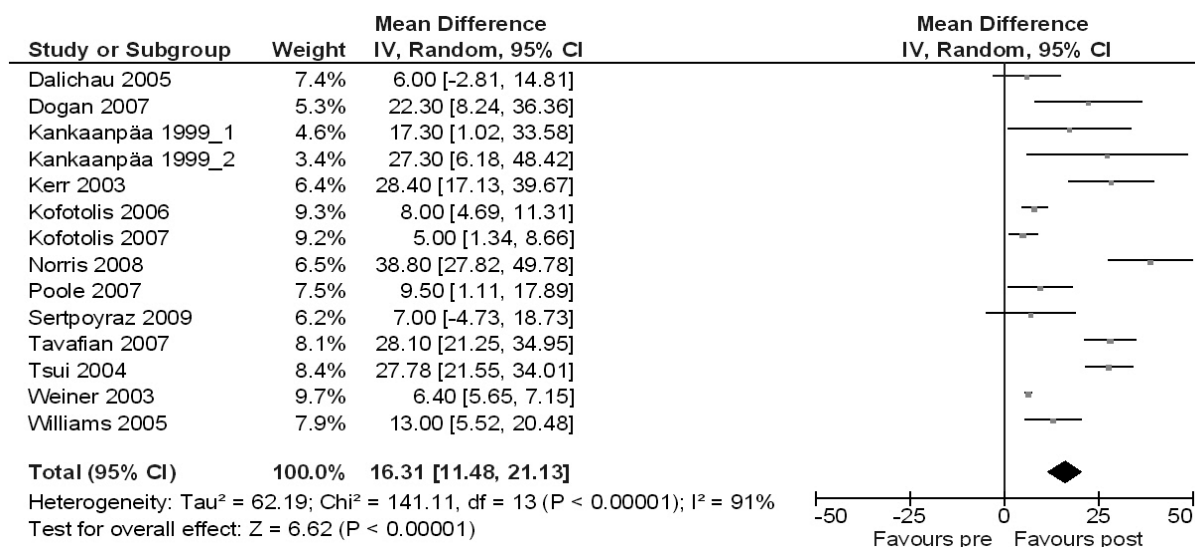
2132 Studien wurden aufgrund eines oder mehrerer der aufgeführten Kriterien aus der Meta-Analyse ausgeschlossen. 13 Studien wurden zur Berechnung von gewichteten Mittelwertdifferenzen (WMD - Summe nach Standardfehler und Heterogenität gewichteter Mittelwertdifferenzen der Studien) und Dropoutquoten herangezogen.

## 3. Effektivität physiotherapeutischer Verfahren in der Behandlung chronischer Rückenschmerzen

Die Meta-Analyse umfasst 13 randomisiert kontrollierte Studien mit 848 Patienten in Treatment- und 763 Patienten in Kontrollgruppen. Nach mindestens drei Wochen Intervention ergaben sich geringe, statistisch signifikante Unterschiede in der Schmerzintensität (VAS 0-100mm) zwischen Treatment- und Kontrollgruppen (WMD = -9.05, 95%CI = -13.86, -4.23). Diese Effekte sind vergleichbar mit den in der S3-Leitlinie Langzeitanwendung von Opioiden bei nicht tumorbedingten Schmerzen (LONTS) dargestellten Effekten medikamentöser Behandlungsformen. Medikamente der WHO-Klassen I, II oder III erreichen durchschnittlich zwischen 8 und 11 Skaleneinheiten Schmerzreduktion (verglichen mit Placebo) innerhalb vergleichbarer Zeiträume. Ein Patient mit chronischen Rückenschmerzen, der sich einer physiotherapeutischen Behandlung unterzieht, kann mit einer Schmerzreduktion (prä-post) von WMD = 16.31 (95%CI = 11.48, 21.13) Skaleneinheiten rechnen. Dieser Wert liegt unterhalb der durch Analgetika erreichbaren Effekte. Präparate der WHO-Klassen I, II oder III erreichen im Durchschnitt zwischen 23 und 29 Skaleneinheiten Schmerzreduktion im prä-post-Vergleich. Die durch physiotherapeutische Verfahren erreichbare Schmerzreduktion ist zwar statistisch bedeutsam, sie reicht jedoch nur in wenigen Fällen aus, um als klinisch relevant betrachtet werden zu können. Klinisch relevant ist eine Schmerzreduktion, wenn Patienten eine Veränderung wahrnehmen und sie als eine Verbesserung ihres Zustandes ansehen. Farrar et al. (2001) geben den Grenzwert für klinisch relevante Schmerzreduktion mit zwei Punkten auf einer 0-10 NRS (bzw. 20 Punkte auf einer 0-100mm VAS) an. Dieser Grenzwert wird nur selten mit physiotherapeutischen Verfahren erreicht (siehe Abbildung 1). Um eine klinisch relevante Schmerzlinderung sicherzustellen, sollten physiotherapeutische mit ande-



ren Verfahren in multimodalen Ansätzen kombiniert werden. Trotz bedeutender Schmerzlinderung im Verlauf einer solchen Therapie erholen sich nur die wenigsten Patienten vollständig von ihren chronischen Rückenschmerzen. Ziel einer multimodalen Therapie chronischer Rückenschmerzen muss es daher sein, es dem Patienten zu ermöglichen sich mit einem erträglichen Maß an Schmerzen in den Alltag zu reintegrieren. Hier erweist sich die Kombination von kognitiv-behavioralen Verfahren mit Physiotherapie, medikamentöser Schmerzbehandlung, Patientenedukation und/oder ergonomischem Training in einer multimodalen Therapie als effektiver als rein medikamentöse oder nicht multimodale Therapien (Scascighini et al. 2008).



**Abbildung 1:** Effektivität physiotherapeutischer Verfahren zur Behandlung chronischer Schmerzen des unteren Rückenbereichs (prä-post WMD)

Die in dieser Meta-Analyse für physiotherapeutische Verfahren ermittelten Mittelwertdifferenzen müssen vorsichtig interpretiert werden. Während in Physiotherapiestudien manchmal noch eine einfache Verblindung durchgeführt wird, sodass der Patient nicht zwischen einer Placebothherapie und einer physiotherapeutischen Maßnahme unterscheiden kann, weiß der behandelnde Physiotherapeut immer, welche Patienten einer Kontroll- und welche einer Versuchsgruppe zugeordnet sind. Desweiteren ist es über Zeiträume von drei Wochen und länger schwierig zu kontrollieren, ob ein Patient zusätzlich zur physiotherapeutischen Behandlung seine Lebensgewohnheiten ändert oder wie viele Medikamente (z.B. gegen Durchbruchschmerzen) er zu sich nimmt. Dies kann zu Verzerrungen der Studienergebnisse und zu einer möglichen Überschätzung der Effektivität physiotherapeutischer Behandlungen führen. Ein Problem für den direkten Vergleich zwischen Physiotherapie- und Medikamentenstudien stellen unterschiedliche Kontrollgruppendesigns dar. In Medikamentenstudien wird zumeist gegen ein Placebo getestet. Placebogruppen weisen oft selbst eine Symptomverbesserung von ca. 15 Skaleneinheiten (100mm VAS) auf. In einigen Physiotherapiestudien wird hingegen gegen Wartelistenkontrollgruppen getestet (Norris & Matthews 2008). Wartekontrollgruppen weisen zumeist keine Symptomverbesserung auf. Im direkten Vergleich von Studien sollte also das Kontrollgruppendesign berücksichtigt werden.

Physiotherapien bewirken eine geringere Schmerzreduktion als medikamentöse Verfahren. Ihr Vorteil liegt in ihren geringen Nebenwirkungen und in der im Vergleich zu medikamentösen Behandlungen geringen Abbruchquote. Von o.g. 848 Patienten

brachen nur ca. 6% die Behandlung vorzeitig ab. Im Vergleich dazu berichtet die S3-Leitlinie LONTS durchschnittlich ca. 33% Therapieabbrüche aufgrund von unangenehmen Nebenwirkungen oder inadäquater Schmerzlinderung. Es ist zu erwägen physiotherapeutische Verfahren zusammen mit medikamentösen Therapien nicht nur für eine gesteigerte Schmerzreduktion einzusetzen, sondern auch, um gezielt die Adhärenz zu steigern.

#### 4. Prävention vor Schmerzmanagement

Nur in seltenen Fällen führt die Behandlung chronischer Rückenschmerzen zur vollständigen Schmerzfreiheit. Bei Ausgangswerten von um die 70 Skaleneinheiten (0-100mm VAS) und einer zu erwartenden Schmerzreduktion von maximal 30 bis 40 Skaleneinheiten (z.B. durch eine Kombination von Opioiden und Physiotherapie) verbleibt für den Patienten ein mittleres Niveau an Schmerzen, für die es einen angemessenen Umgang zu finden gilt. Ziel einer Therapie chronischer Schmerzen ist deswegen eher den Schmerz auf ein für den Patienten erträgliches Maß zu reduzieren und ihm Wege zu zeigen mit dem Schmerz den Alltag zu meistern. Frettlöh et al. (2009) stellen bei einer Stichprobe von 10.054 Patienten fest, dass im Mittel eine Schmerzintensität von NRS = 2,4 (NRS 0-10) als erträglich angesehen wird. Nur 20% der Patienten ihrer Stichprobe betrachten einen Wert von NRS = 0 als Erträglichkeitsgrenze. Ob diese Grenzwerte während langfristiger (länger als drei Monate dauernder) Behandlungen chronischer Schmerzen erreicht und aufrecht erhalten werden können, lässt sich anhand der derzeitigen Studienlage nicht eindeutig beantworten. Umso wichtiger ist es dem Entstehen akuter Schmerzsyndrome und ihrer Chronifizierung präventiv entgegenzuwirken.

#### 5. Literatur

1. Deshpande A., Furlan A., Mailis-Gagnon A., Atlas S. & Turk, D. 2007, Opioids for chronic low-back pain, Cochrane Database of Systematic Reviews, Issue 3. Art. No.: CD004959. DOI: 10.1002/14651858.CD004959.pub3.
2. Sorgatz, H., Reinecke, H., Lange, H., Weber, C., Baron, R., Häuser, W., Hege-Scheuing, G., Lindena, G., Maier, C., Mansmann, U., Radbruch, L., Schiltenswolf, M. Sohn, W., Stein, C., Tölle, R.T. & Willweber-Strumpf, A. 2009, Leitlinie: Langzeitanwendung von Opioiden bei nicht tumorbedingten Schmerzen, AWMF – NR 041/003.
3. Farrar, J.T., Young, J.P., LaMoreaux, L., Werth, J.L. & Poole, R.M. 2001, Clinical importance of changes in chronic pain intensity measured on an 11-point numerical pain rating scale, *Pain*, 94, 149-158.
4. Frettlöh, J., Maier, C., Gockel, H., Zenz, M. & Hüppe, M. 2009, Patientenkollektiv deutscher schmerztherapeutischer Einrichtungen – Kerndaten von mehr als 10000 Patienten, *Schmerz*, 23, 576-591.
5. Machado, L.A.C., Kamper, S.J., Herbert, R.D., Maher, C.G. & McAuley, J.H. 2009, Analgesic effects of treatments for non-specific low back pain: a meta-analysis of placebo-controlled randomized trials, *Rheumatology*, 48, 520 – 527.
6. Moffett, J. & McLean, S. 2006, The role of physiotherapy in the management of non-specific back pain and neck pain, *Rheumatology*, 45, 371 – 378.
7. Norris, C. & Matthews, M. 2008, The role of an integrated back stability program in patients with chronic low back pain, *Complementary Therapies in Clinical Practice*, 14, 255-263.
8. Scascighini, L. Toma, V., Dober-Spielmann, S. & Sprott, H. 2008, Multidisciplinary treatment for chronic pain: a systematic review of interventions and outcomes, *Rheumatology*, 47, 670-678.

## „PROFITS“ – Prävention muskuloskeletaler Beschwerden am PC-Arbeitsplatz

Henriette REINECKE, Hardo SORGATZ, Kerstin WOLL,  
Hanna WEHREND und Christiane WÖHRLE

*Institut für Psychologie, Technische Universität Darmstadt,  
Alexanderstr. 10, D-64283 Darmstadt*

**Kurzfassung:** PROFITS ist ein modularisiertes Programm zur Professionalisierung der Bildschirmarbeit mit dem Ziel, muskuloskeletalen Beschwerden bei der PC-Arbeit vorzubeugen. Die sieben Module des Programms werden selbständig in Kurzpausen am Bildschirmarbeitsplatz durchgeführt und vermitteln Kompetenzen und Fertigkeiten zur Optimierung der Arbeits- und Bewegungsabläufe.

**Schlüsselwörter:** Repetitive Strain Injuries, muskuloskeletale Beschwerden, PC-Arbeit, Prävention.

### 1. Einleitung

Die Gesundheit qualifizierter Bildschirmarbeitskräfte gilt als fundamentaler „Employability-Faktor“ für Arbeitnehmer und als „Produktivitätsfaktor“ für Arbeitgeber (Rump 2008). Gesundheit stellt damit eine Voraussetzung der Leistungsfähigkeit dar, die durch die Art der Arbeitstätigkeit und ihre situativen Bedingungen beeinflusst wird. Dazu zählen unter anderem ein häufiger Wechsel von kognitiven Anforderungen, steigender Leistungsdruck und eine geringe Anzahl an Bewegungsvariationen. Von den Arbeitnehmern wird zunehmend eine individuelle Anpassung an diese Situationen gefordert. Arbeitsplatz und Arbeitsorganisation sollten dies unterstützen.

Die Verbreitung muskuloskeletaler Beschwerden unter Bildschirmarbeitskräften ist ein Indiz für eine ungenügende Anpassung. Beispielsweise führt erhöhter Zeitdruck zu unregelmäßigem Pausenverhalten, dem Auslassen von Pausen und der häufigeren Einnahme unergonomischer Körperhaltungen. Dysfunktionale Arbeits- und Bewegungsabläufe bei der Bildschirmarbeit können Beschwerden im Schulter- und Nackenbereich, in den Händen und Handgelenken sowie im Ellenbogen und im Unterarm verursachen (Klussmann et al. 2008). Diese Beschwerden können sich in akuten Schmerzen, Verspannungen, Missempfindungen wie Taubheit und Kribbeln, Schwellungen und Kraftverlust äußern. Unbemerkt können diese akuten Beschwerden zu einem chronifizierten Schmerzsyndrom führen (Zilske 2000; Sorgatz 2002), das wiederum Arbeits- und Bewegungsabläufe beeinträchtigen kann. Präventionsprogramme sollen die Gesundheit der Arbeitnehmer erhalten und somit Arbeitgebern und Gesundheitssystem Kosten ersparen (Occupational Safety and Health Department 1999).

Die Studienlage zur Evaluierung von Programmen zur Prävention von muskuloskeletalen Beschwerden auf Grund von Bildschirmtätigkeit ist uneindeutig. Physiotherapeutische sowie ergonomische Interventionen können muskuloskeletale Beschwerden mildern (Cole et al. 2006; van Eijsden-Besseling et al. 2008) und Krankheitstage verhindern (Oostrom et al. 2009). Eine Literaturübersicht (Verhagen et al. 2007) liefert jedoch uneinheitliche Ergebnisse.

Primäre Prävention richtet sich an Personen ohne bisherige Beschwerden. Jedoch

gilt für Primärprävention, im Gegensatz zu Sekundär- und Tertiärprävention, dass die Zielgruppe bei fehlender Risikoeinsicht schwer zu motivieren ist. So müssen Präventionsprogramme die Teilnehmer zunächst dafür sensibilisieren, mögliche Risikofaktoren am Arbeitsplatz wahrzunehmen. Ziel von Präventionsprogrammen sollte die Etablierung gesundheitsfördernder Verhaltensweisen am Arbeitsplatz unter dem Aspekt der optimalen Nutzung von Ressourcen sein.

Diesen Aspekt berücksichtigend wurde am Institut für Psychologie der Technischen Universität Darmstadt in Zusammenarbeit mit der Landesanstalt für Arbeitsschutz in Düsseldorf das Präventionsprogramm PROFITS für Bildschirmarbeitskräfte (Sorgatz et al. 2005) entwickelt. PROFITS ist ein Programm zur Professionalisierung der Bildschirmarbeit. Es basiert auf kognitiv-behavioralen und verhaltensmodifizierenden Prinzipien. Es hat zum Ziel, Bewusstsein zu schaffen für die komplexen Abläufe im Körper während des Tippens und Klickens und für die Leistungen des Gehirns, die bei der Koordinierung von Bewegungsabläufen und Denkprozessen erbracht werden. Aufbauend auf diesem Bewusstsein soll die Körperwahrnehmung gefördert werden, um die Arbeits- und Bewegungsabläufe bei der Bildschirmarbeit zu optimieren. Weiter sollen die Bedingungen bewusst werden, unter denen motorische Prozesse störungsfrei ablaufen, um diese in den alltäglichen Bewegungsabläufen der PC-Arbeit umsetzen zu können.

## 2. PROFITS – Professionalisierung der Bildschirmarbeit

Nach Jerusalem (2002) sollten Präventionsprogramme, um Gesundheit zu fördern und Krankheiten zu verhindern, die folgenden drei Elemente enthalten. Es sollte Wissen vermittelt werden, um Risiken für Erkrankungen zu kommunizieren sowie Ressourcen der Individuen und daraus ableitbare Veränderungsmöglichkeiten deutlich zu machen. Präventionsprogramme sollten die Einstellungen der Teilnehmer hinsichtlich Eigenverantwortung, Kompetenzüberzeugung und Motivation beeinflussen. Als drittes Element ist nach vorheriger Verhaltensanalyse die Einübung von Verhalten wichtig, um Kompetenzen zu fördern und neue Verhaltensweisen zu erlernen.

Die Inhalte von PROFITS sind aufgeteilt in sieben Module (s. Abbildung 1). Jedes dieser Module enthält die Elemente Wissensvermittlung, Einstellungsbeeinflussung und Verhaltenseinübung.

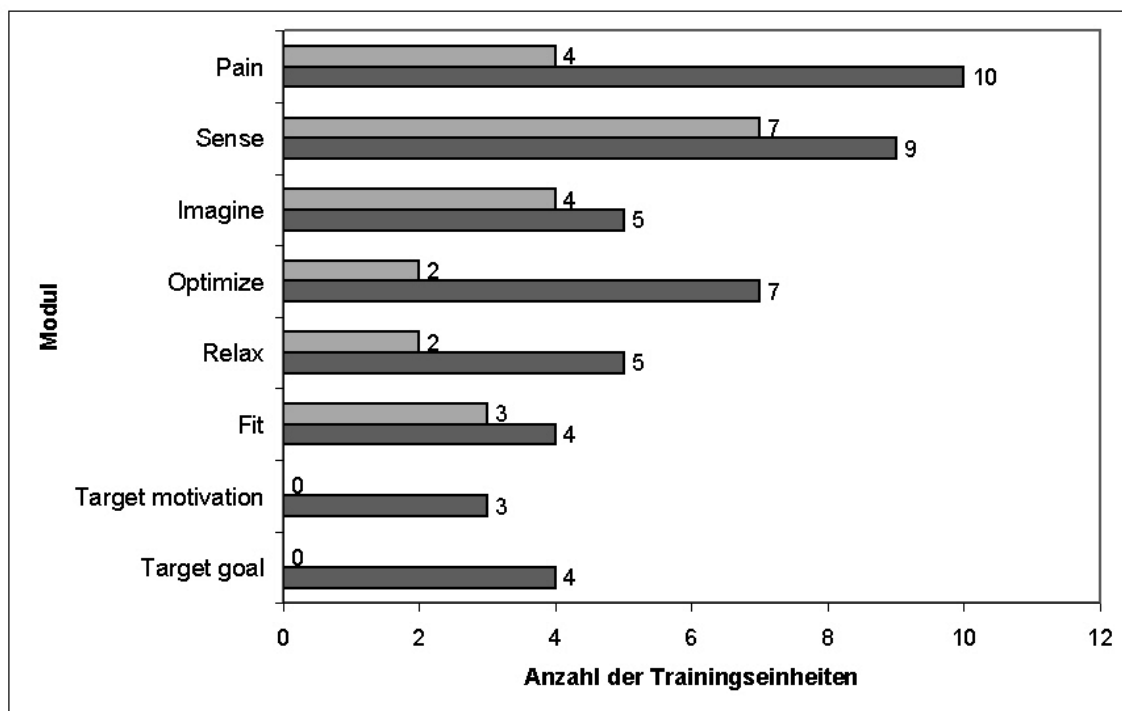


**Abbildung 1:** Die sieben Module des PROFITS-Programms

Das zentrale Modul „Pain“ vermittelt Wissen über die Entstehung und Aufrechterhaltung von Schmerz und versetzt den Teilnehmer somit in die Lage, Schmerzen vorzubeugen und angemessene Bewältigungsreaktionen einzusetzen. Im Modul „Sense“ wird der Teilnehmer dazu angeleitet, seinen Körper und zugehörige Empfindungen stärker wahrzunehmen. Er soll für nicht gesundheitsförderliche Verhaltensweisen und für die Bedürfnisse seines Körpers, wie z.B. eine abwechslungsreiche Arbeitshaltung, welche durch aktives und dynamisches Sitzen erreicht werden kann, sensibilisiert werden.

Als Vorbereitung auf das Verändern von Bewegungsautomatismen wird der PROFITS-Teilnehmer in „Imagine“ dazu angeleitet, seine Denkgewohnheiten auf Gesundheitsförderlichkeit hin zu prüfen, um ein Umdenken und Umlernen zu Gunsten gesunder Verhaltensweisen einzuleiten. Im Modul „Optimize“ wird dieses Umlernen durch konkrete Strategien zur Veränderung von Bewegungsabläufen umgesetzt.

Durch das Modul „Relax“ reflektiert der Teilnehmer seine üblichen Reaktionen auf Belastungssituationen und ändert sie in angemessenere Bewältigungsstrategien um. Der Teilnehmer erlernt u. a. gezielte Muskelentspannung, um seine Anspannung bei Arbeits- und Bewegungsabläufen zu vermindern. Die bei der Bildschirmarbeit ausgeführten Bewegungen sind häufig einseitig und hochfrequent repetitiv. Das Modul „Fit“ bietet Ausgleichsbewegungen an, die den Muskeln bei der Regenerierung helfen. Im letzten Modul des PROFITS-Programms, „Target“, sollen wirksame Selbstmotivationsstrategien zur Beibehaltung der neu erlernten Arbeits- und Bewegungsmuster vermittelt werden. Ein angemessenes Zeitmanagement soll helfen, zeitliche Anforderungen zu bewältigen und potentielle Belastungen zu verhindern.



**Abbildung 2:** Anzahl besonders gut bewerteter Trainingseinheiten (hellgrau: Anzahl der Trainingseinheiten Note „sehr gut - gut“, dunkelgrau: Anzahl der Trainingseinheiten eines Moduls)

Die Durchführung von PROFITS in einem deutschen Großunternehmen ergab eine insgesamt „gute“ Bewertung des Programms. Die Teilnehmer der Pilotstudie stammten aus verschiedenen Tätigkeitsfeldern mit einem durchschnittlichen Anteil der Bildschirmarbeit an den Gesamttätigkeiten eines Arbeitstages von 72,2%. Jede



Trainingseinheit wurde von den Teilnehmern nach der Durchführung mittels Schulnote von 1-6 bewertet. In den Modulen „Imagine“ (80%), „Sense“ (78%), „Fit“ (75%) und „Relax“ (60%) wurden über die Hälfte der Trainingseinheiten mit „sehr gut“ bis „gut“ bewertet (s. Abbildung 2).

Auf Basis der Ergebnisse dieser Pilotstudie wurde PROFITS revidiert und eine Kurzversion entwickelt. Die Evaluation der Kurzversion erfolgte im Rahmen einer Forschungsarbeit und zeigte eine insgesamt „gute“ Bewertung (Wehrend 2009).

### 3. Literatur

1. Cole, D.C., Hogg-Johnson S., Manno, M., Ibrahim, S., Wells, R.P. & Ferrier, S.E., The Worksite Upper Extremity Research Group 2006, Reducing musculoskeletal burden through ergonomic program implementation in a large newspaper, *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 80, 98–108.
2. Jerusalem, M. 2002, Präventionsprogramme, gesundheitliche. In: R. Schwarzer, M. Jerusalem & H. Weber (Hrsg.), *Gesundheitspsychologie von A bis Z*. Göttingen: Hogrefe, S. 400-404.
3. Klusmann, A., Gebhard, H., Liebers F. & Rieger, M.A. 2008, Musculoskeletal symptoms of the upper extremities and the neck: a cross-sectional study on prevalence and symptom-predicting factors at visual display terminal (VDT) workstations. *BMC Musculoskeletal Disorders* 2008, 9:96, Zugriff am 5.01.2010. Im Internet verfügbar unter: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2474829/pdf/1471-2474-9-96.pdf>.
4. OSHA – Occupational Safety and Health Department 1999, Ergonomics Program. Proposed Rules. Zugriff am 03.12.2009. Im Internet verfügbar unter: [http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show\\_document?p\\_table=FEDERAL\\_REGISTER&p\\_id=16305](http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=FEDERAL_REGISTER&p_id=16305).
5. Rump, J. 2008, Beschäftigungsfähigkeit. Doppelter Gewinn für Mensch und Unternehmen, *Trojaner*, 14, 44-47.
6. Sorgatz, H. 2002, „Repetitive Strain Injuries“ – Unterarm-/Handbeschwerden aufgrund repetitiver Belastungsreaktionen des Gewebes, *Orthopäde*, 31, 1006-1014.
7. Sorgatz, H., Wöhrle, C. & Reinecke, H. 2005, PROFITS in Zusammenarbeit mit der Landesanstalt für Arbeitsschutz Düsseldorf (unveröffentlicht).
8. van Eijsden-Besseling, M.D., Staal, J.B., van Attekum, A., de Bie, R.A. & van den Heuvel, W.J.A. 2008, No difference between postural exercises and strength and fitness exercises for early, non-specific, work-related upper limb disorders in visual display unit workers: a randomized trial, *Australian Journal of Physiotherapy*, 54, 95-101.
9. van Oostrom, S.H., Driessen, M.T., de Vet, H.C.W., Franche, R.L., Schonstein, E., Loisel, P., van Mechelen, W. & Anema, J.R. 2009, Workplace interventions for preventing work disability (Review), *Cochrane Database of Systematic Reviews* 2009, Issue 2, Art. No.: CD006955.
10. Verhagen, A.P., Karels, C., Bierma-Zeinstra, S.M.A., Feleus, A., Dahaghin, S., Burdorf, A., de Vet, H.C.W. & Koes, B.W. 2007, Ergonomic and physiotherapeutic interventions for treating work-related complaints of the arm, neck or shoulder in adults. A Cochrane systematic Review, *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine*, 43, 391-405.
11. Wehrend, H. 2009, Zur Prävention tätigkeitsbedingter muskuloskeletaler Hand-/Arm-Beschwerden. Bachelor Thesisarbeit. Darmstadt: Technische Universität Darmstadt.
12. Zilske, F. 2000, Repetitive Strain Injury (RSI) bei Bildschirmarbeitskräften. Eine experimentelle Untersuchung zur Funktion von Leistungsanspruch, Perzeptuo-Motorischer-Interferenz und Schmerz Wahrnehmung bei der Entstehung bewegungsbedingter Störungen. Hamburg: Dr.Kovac.



# Muskel-Skelett-Prävention bei Beschäftigten mit körperlichen Belastungen unter dem Schwerpunkt des demographischen Wandels

Bernd HARTMANN

*BG der Bauwirtschaft, Arbeitsmedizinischer Dienst,  
Holstenwall 8-9, D-20355 Hamburg*

**Kurzfassung:** Muskel-Skelett-Erkrankungen bilden den größten Schwerpunkt zur Bewältigung arbeitsbezogener Engpässe beim Einsatz von älterem Fachpersonal unter dem Gesichtspunkt des demographischen Wandels. Betriebsärzte entwickeln Konzepte und Instrumente der Ausweitung von medizinischer Diagnostik hin zur qualifizierten Beratung und Kooperation mit anderen Leistungsträgern. Dazu gehören auch im Falle der besonders häufigen KMU-Strukturen der Bauwirtschaft die Unternehmen selbst. Ihnen soll durch Netzwerke zwischen den Trägern der Prävention und den Verbänden von Unternehmen das Thema machbar erscheinen und realistische Hilfen entwickelt werden.

**Schlüsselwörter:** Muskel-Skelett-System, demographischer Wandel, Bauwirtschaft, Präventionskonzept.

## 1. Problem

Beschäftigte in körperlich hoch belastenden Tätigkeiten sind von den Folgen der Verlängerung der Lebensarbeitszeit überwiegend betroffen. Nach den Statistiken der Rentenversicherung sind zwischen dem 55. und 65. Lebensjahr 44% aller Männer erwerbstätig, in Bauberufen nur 29%. Für die Bewältigung des demographischen Wandels steht neben der altersgerechten Gestaltung von Arbeit auch die Erhaltung der Gesundheit der Beschäftigten im Mittelpunkt. Betriebsärzte haben durch ihren persönlichen Kontakt zu den Beschäftigten spezielle Zugangswege für individualspezifische Lösungen. Krankheiten des Muskel-Skelett-Systems haben den größten Anteil an den Bedrohungen der Berufsfähigkeit.

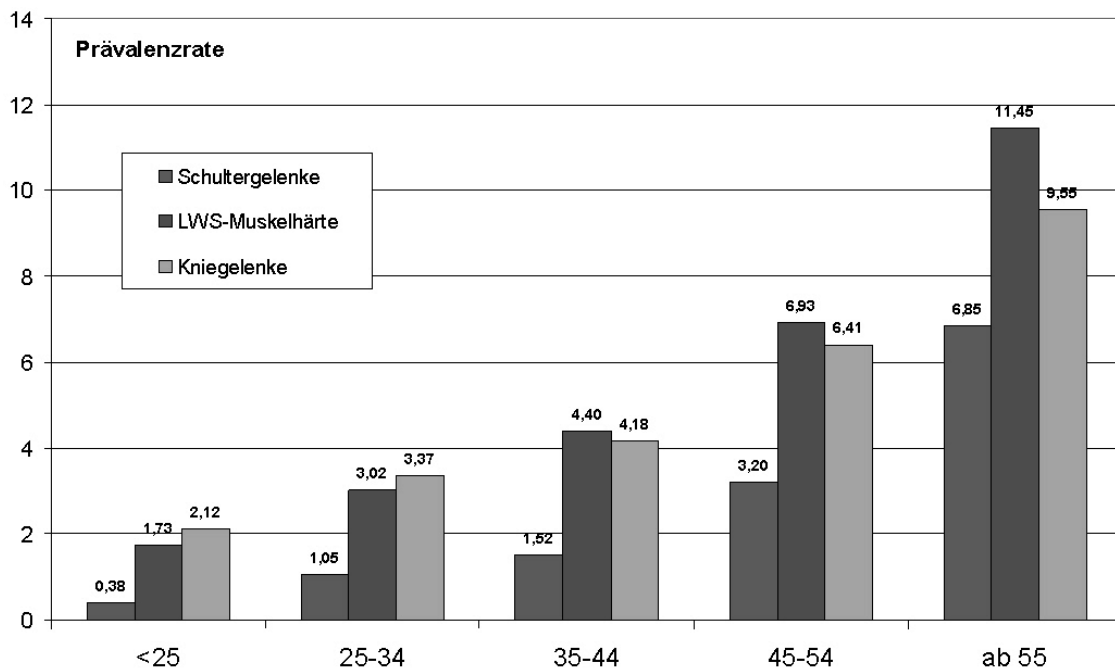
## 2. Methoden

Aus Erkenntnissen der arbeitsmedizinischen Vorsorge können die Belastungs- und Morbiditätsschwerpunkte am Muskel-Skelett-System abgeleitet werden, welche die Präventionsmaßnahmen für die Bewältigung der demografischen Situation bestimmen. Sie werden beispielhaft für 99.000 männliche Beschäftigte der Bauwirtschaft berufsbezogen dargestellt.

Darüber hinaus werden Ansätze für Lösungen gesucht, um die objektiv erforderlichen Maßnahmen am Arbeitsplatz und bei der Gesundheit zu unterstützen. Netzwerke der Handwerksorganisationen gemeinsam mit Trägern der Prävention fördern u. a. die Umsetzung der personenbezogenen Empfehlungen.

### 3. Ergebnisse

Unter allen Diagnosen von Vorsorgeuntersuchungen mit prognostischer Bedeutung für die Erwerbsfähigkeit stehen nach dem Bluthochdruck verschiedene Muskel-Skelett-Erkrankungen im Vordergrund. Durchschnittlich haben 4,6% der Untersuchten schmerzhaftige LWS-Funktionsstörungen, 4,5% Kniegelenks- und 2,0% Schultergelenksstörungen (vgl. Abbildung 1). Ab 45 bzw. 55 Jahre steigen diese Quoten jedoch auch 6,9, 6,4 und 3,2% bzw. 11,5, 9,6 und 6,9% an.



**Abbildung 1:** Befund an Schulter, LWS und Knie je 100 Beschäftigte nach Altersgruppen gegliedert

Allen Beschäftigten wurden bereits in der Vergangenheit Empfehlungen gegeben, was sie auf Grund ihrer Befunde tun könnten, um ihre Gesundheit zu stabilisieren. Um die arbeitsmedizinische Vorsorge aus der Konstellation der einfachen Diagnostik und Mitteilung herauszulösen und sie in den Kontext des Handelns des Betriebsarztes als kompetenter Berater für die Lösung der betrieblichen und individuellen Folgen bei Konflikten zwischen Arbeitsanforderungen und Belastungen und dem Gesundheitszustand herauszulösen, kann man ein Muster von Maßnahmen anstoßen (vgl. Abbildung 2). Dabei sind die notwendigen Kooperationen bei einem in der Regel begrenzten Zeit- und Aufwandspotenzial des Betriebsarztes zu berücksichtigen. Bisher richteten sich die Beratungen in Bezug zum Muskel-Skelett-System vor allem auf Rückentraining (11,1%), Ausgleichssport (11,5%) und Konsultation eines Orthopäden oder des Hausarztes (je 8,1%).

Auf die individuelle Situation bezogen können 3 Ebenen der Prävention nach Altersgruppen als Schwerpunkte beobachtet werden.

- Im Jugendalter bis etwa 35 Jahre steht die Primärprävention im Vordergrund.
- Im mittleren Lebensalter zwischen 30 und 50 Jahren hat Sekundärprävention als Reaktion auf entstehende Gesundheitsstörungen das Primat.
- Im fortgeschrittenen Alter etwa ab 45 Jahre tritt die rechtzeitige Rehabilitation von Muskel-Skelett-Befunden noch vor der Fixierung morphologischer Schäden und vor dem psychischen Erleben von Beschränkungen der Lebensperspektive in den Vordergrund.

Beratungen zur Rehabilitation der Beschäftigten und berufsbezogene Programme sind für das Profil der Bauwirtschaft entwickelt worden und werden schrittweise von den Reha-Kliniken übernommen.

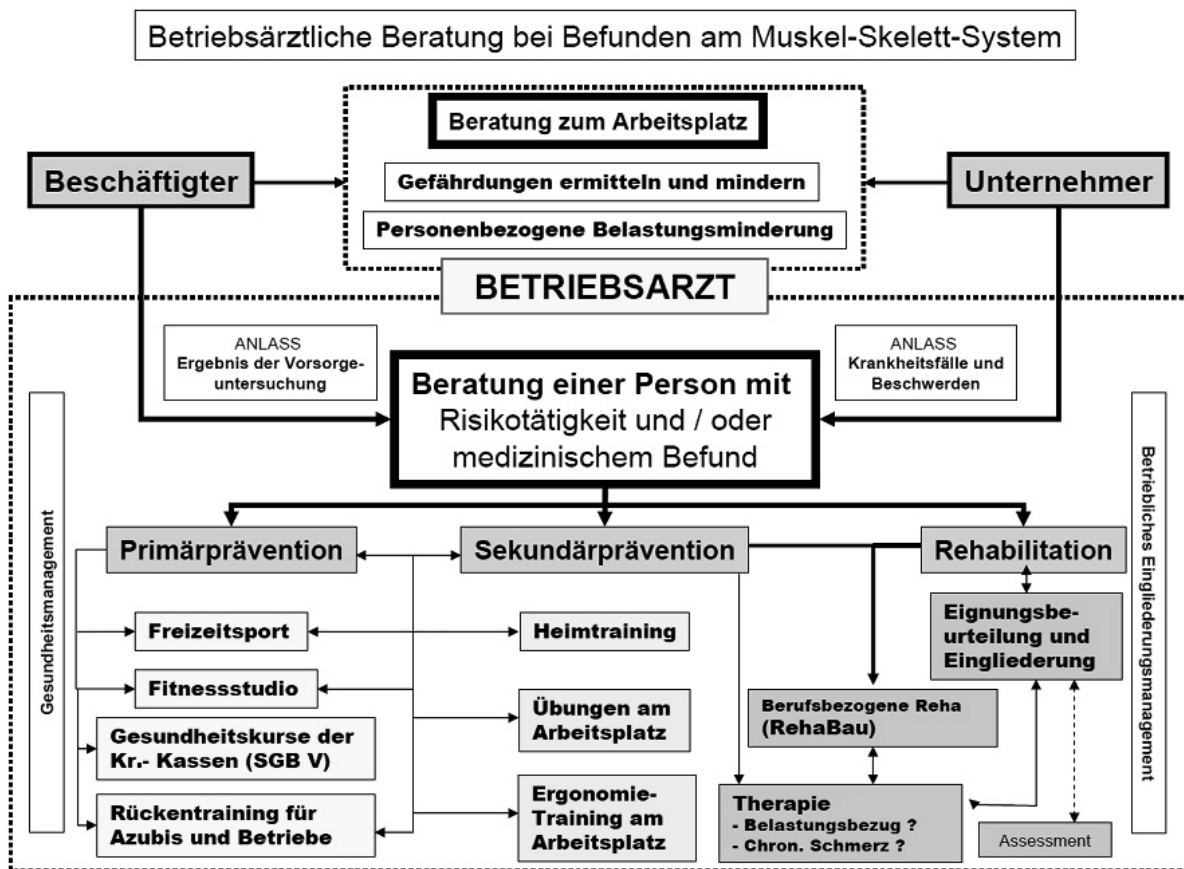


Abbildung 2: Beratungsschema des Betriebsarztes bei der arbeitsmedizinischen Vorsorge

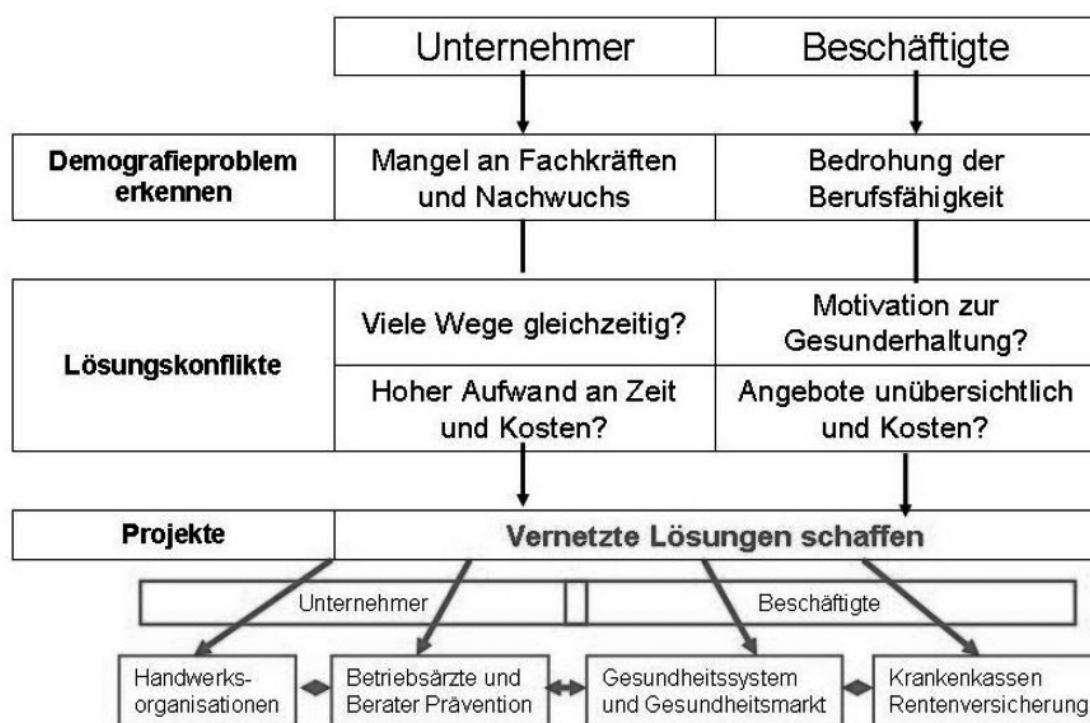
Netzwerke mit Unternehmen und deren Organisationen, mit Krankenkassen und anderen Akteuren geben die Chance, statt Diagnosen und unverbindlicher Ratschläge auf die Person konkretisierte und real umsetzbare Empfehlungen zu geben, für die es auch ein Potenzial gibt. Eine engere Verknüpfung mit dem technischen Potenzial der Fachkräfte für Arbeitssicherheit und eine Untersetzung mit arbeitswissenschaftlich fundierten Ergonomie-Empfehlungen und –lösungen wäre ein weiteres Ziel dieser komplexen Beratung (vgl. Abbildung 3).

#### 4. Diskussion und Schlussfolgerungen

Grundsätzlich muss angestrebt werden, durch eine menschengerechte Gestaltung der Arbeit auch dem alternden Menschen bei Entstehung chronischer Krankheiten eine weitgehende Erwerbstätigkeit zu sichern. Im aktuellen Geschehen bestimmter Wirtschaftszweige wie der Bauwirtschaft sind derartige Lösungen kurzfristig aus technischen, wirtschaftlichen und sozialpolitischen Gründen nur schwer zu erreichen. Der individuelle Gesundheitsschutz als Teil der Sicherung der Berufsfähigkeit behält damit ein großes Gewicht. Das ist auch deshalb wichtig, weil durch individuelle Prävention wichtige Volkskrankheiten eingedämmt und damit die Berufsfähigkeit unterstützt werden kann. Die Verordnung zur Arbeitsmedizinischen Vorsorge (ArbMedVV)

trägt dem seit dem Jahr 2008 teilweise Rechnung, indem sie die Kategorie der Wunschuntersuchungen eingeführt hat und diese auch auf das Muskel-Skelett-System bezieht.

Arbeitsmedizinische und sicherheitstechnische Prävention kann erheblich mehr zur personenbezogenen Beratung für die Prävention von arbeitsbezogenen Muskel-Skelett-Erkrankungen beitragen. Als Werkzeuge sind dazu einerseits handlungsorientierte Beratungsgrundlagen für die Partner, andererseits Netzwerke der Hilfe zur Umsetzung für Beschäftigte gerade in körperlich belastenden Berufen hilfreich.



**Abbildung 3:** Netzwerksansatz zur Verknüpfung von Unternehmer- und Beschäftigtenlösungen

Zwei Aspekte spielen eine besondere Rolle: Beschäftigte brauchen eine sie überzeugende Darstellung nicht nur der Risiken ihrer Gesundheit, sondern auch der Chancen zu ihrer Erhaltung durch eigenes Handeln in einem für sie realistischen Rahmen. Unternehmen – insbesondere auch den kleineren auf handwerklichen Strukturen aufbauenden – muss deutlich werden, dass es eine Chance für sie ist, sich durch Toleranz gegenüber sowie Unterstützung von Gesundheit erhaltenden Maßnahmen mittelfristig kompetente, leistungsfähige und motivierte Fachkräfte zu erhalten. Verbandsstrukturen der Unternehmen können dazu wichtige Partner werden, um gemeinsame lokale Interessen und Partnerschaften zu fördern.

Das bestehende System des Arbeits- und Gesundheitsschutzes in der Kombination aus arbeitsmedizinischer Vorsorge und Konzept des Arbeitssicherheitsgesetzes bietet dazu einen geeigneten Hintergrund.

Nachdem es gelungen ist, in der Arbeitsmedizin das Feld der Prävention arbeitsbezogener Muskel-Skelett-Erkrankungen als zweiten Schwerpunkt der betriebsärztlichen Tätigkeit zu etablieren, fehlt heute eine stärkere Orientierung des mit ihm kooperierenden sicherheitstechnischen Partners im Betrieb auf die Erkennung, Beurteilung und Lösung von betrieblichen Problemen, die sich aus körperlichen Über- und Fehlbelastungen, aber auch aus Unterforderungen des Muskel-Skelett-Systems ergeben.

## Der Dortmunder Denkansatz – Prävention biomechanischer Überlastungen der Lendenwirbelsäule bei Patiententransfers

Matthias JÄGER<sup>1</sup>, Andreas THEILMEIER<sup>1</sup>, Claus JORDAN<sup>1</sup>, Stefan KUHN<sup>2</sup>,  
Norbert WORTMANN<sup>3</sup> und Alwin LUTTMANN<sup>1</sup>

<sup>1</sup> IfADo – Leibniz-Institut für Arbeitsforschung an der TU Dortmund,  
Ardeystraße 67, D-44139 Dortmund

<sup>2</sup> BGW – Berufsgenossenschaft für Gesundheitsdienst und Wohlfahrtspflege,  
Präventionsdienst Mainz, Göttelmannstraße 3, D-55130 Mainz

<sup>3</sup> BGW – Berufsgenossenschaft für Gesundheitsdienst und Wohlfahrtspflege,  
Hauptverwaltung, Pappelallee 35/37, D-22089 Hamburg

**Kurzfassung:** Die Belastung der Lendenwirbelsäule wurde für ausgewählte Tätigkeiten in der Kranken- und Altenpflege quantifiziert. Durch Vergleich mit empfohlenen Maximalbelastungen können Gestaltungsdefizite bei der Gefährdungsbeurteilung erkannt und biomechanisch begründete Präventionsmaßnahmen abgeleitet werden, die eine ergonomische Tätigkeitsausführung fördern.

**Schlüsselwörter:** Pflegetätigkeiten, Wirbelsäulenbelastung, Präventionsmaßnahmen, Biomechanische Simulationsrechnungen.

### 1. Einleitung

Berufliche Tätigkeiten in der Kranken- und Altenpflege führen vergleichsweise häufig zu Beschwerden und Erkrankungen im Muskel-Skelett-System, insbesondere im Bereich des Rückens und der Wirbelsäule. Entsprechende Präventionsmaßnahmen haben nur dann Aussicht auf Erfolg, wenn sie systemisch und ganzheitlich eingeführt werden (Hignett et al. 2007; Wortmann 2007; Meyer et al. 2008). In Art einer biomechanisch orientierten Engpassbetrachtung fokussiert der Dortmunder Denkansatz (Jäger & Luttmann 2005) aufgrund der hohen Erkrankungshäufigkeit auf den unteren Rücken und in diesem Zusammenhang auf die Beurteilung beruflicher Tätigkeiten mit Lastenhandhabung – trotz der unzweifelhaft vorhandenen Bedeutung darüber hinausgehender Risikofaktoren. Dabei werden situative und kumulative Belastungen der Lendenwirbelsäule mit deren kurz- und langzeitigen Belastbarkeit verglichen (Jäger 2001). Im Folgenden wird die Anwendung des Ansatzes auf die Bedingungen beim Bewegen von Personen in der Kranken- und Altenpflege beschrieben. Dazu wurden die Belastungen der Lendenwirbelsäule quantifiziert und Situationen mit zu hoher Belastung identifiziert, um geeignete Präventionsmaßnahmen zu ermöglichen.

### 2. Methode

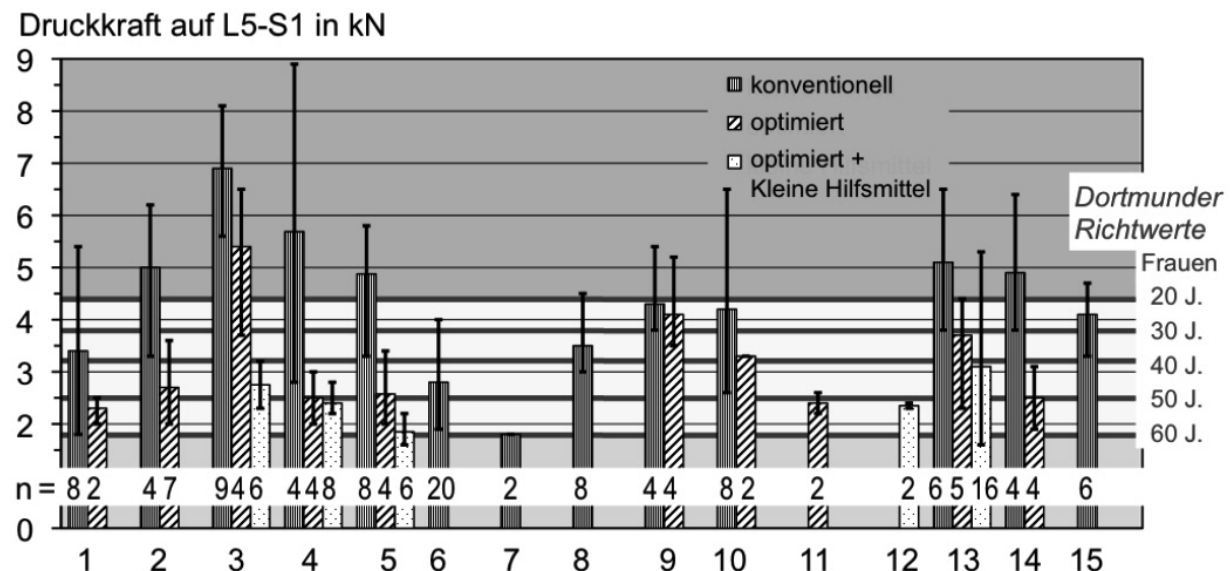
Die vorgestellte Methode basiert auf Laboruntersuchungen in der Dortmunder Lumbalbelastungsstudie 3 (Jäger et al. 2008), in der die Wirbelsäulenbelastung beim Bewegen von Patienten im und am Bett, zwischen Bett und Stuhl oder beim Aufnehmen vom Boden ermittelt wurde. Dazu wurden die Körperhaltungen und -bewegungen von Pflegeperson und Patient messtechnisch gestützt erfasst und die aus-



geübten Aktionskräfte der Pflegeperson gemessen und für nachfolgende dreidimensional-dynamische Modellrechnungen mit dem Werkzeug Der Dortmunder genutzt, um relevante Belastungskenngrößen wie die Kompressions- und Scherkräfte an der untersten Bandscheibe (L5-S1) zu bestimmen. Die Tätigkeiten wurden von zwei erfahrenen Trainerinnen und Beraterinnen für rückengerechte Arbeitsweise, die wechselseitig als Pflegekraft und Patient agierten, durchgeführt. Verschiedene Mobilitätsgrade eines Patienten wurden durch zwei Aktivitätskategorien (eher passiv / aktiv) und verschiedene Ausführungstechniken durch drei Arbeitsweisen berücksichtigt (konventionell, optimiert, optimiert mit Nutzung sogenannter Kleiner Hilfsmittel).

### 3. Ergebnisse

In Abbildung 1 sind ausgewählte Ergebnisse zur Belastung der Lendenwirbelsäule bei 15 verschiedenartigen Patiententransfers zusammengestellt. Die Ergebnisse zeigen, dass die Wirbelsäulenbelastung der Pflegeperson in vielen Fällen sehr hoch ist und empfohlene Maximalbelastungen überschreitet. Aufgrund des hohen Anteils weiblicher Beschäftigter in der Kranken- und Altenpflege wurden die für Frauen abgeleiteten Empfehlungen angewendet; diese berücksichtigen insbesondere auch den biologischen Befund, dass die Strukturfestigkeit der Wirbelsäule mit zunehmendem Alter abnimmt. Bei Anwendung der Risikobewertung nach dem 3-Zonen-Modell der Europäischen Norm EN 614-1 wird Tätigkeiten ein „hohes lumbales biomechanisches Überlastungsrisiko“ (Klassifikation „rot“) zugeordnet, wenn die Bandscheibendruckkräfte höher als der oberste Richtwert sind; einer Tätigkeit wird nur dann ein akzeptables Risiko („grün“) zugeordnet, wenn die Kräfte unterhalb der für ältere weibliche Arbeitspersonen empfohlenen Maximalwerte liegen. Für den Zwischenbereich („gelb“) wird angenommen, dass durch eine angemessene Arbeitsgestaltung das Risiko eventuell in einen akzeptablen Bereich überführt werden kann.



**Abbildung 1:** Belastung der Lendenwirbelsäule beim Bewegen von Patienten und Bewertung hinsichtlich des biomechanischen Überlastungsrisikos – Spitzenwerte der Kompressionskraft am Lenden-Kreuzbein-Übergang (Mittelwert und Spannweite) für insgesamt 167 Vorgänge (15 Tätigkeiten, bis zu 3 Ausführungsmodi) im Vergleich zu empfohlenen Maximalbelastungen (Dortmunder Richtwerte) und Risiko-Klassifikation auf Basis des 3-Zonen-Modells nach EN 614-1 („Ampelschema“ rot / oben, gelb / Mitte, grün / unten)



**Tabelle 1:** Belastung der Lendenwirbelsäule beim Bewegen von Patienten und Kategorisierung des biomechanischen Überlastungsrisikos – Spitzenwerte der Kompressionskraft am Lenden-Kreuzbein-Übergang (Mittelwert und Spannweite) für insgesamt 167 Vorgänge (15 Tätigkeiten, bis zu 3 Ausführungsmodi) sowie Klassifikation auf Basis des 3-Zonen-Modells, begleitet von Skizzierungen der jeweiligen Tätigkeitsbedingungen

Untersuchte Tätigkeit mit Patiententransfer	Wirbelsäulenbelastung Bandscheibendruckkraft in kN Mittelwert (Spannweite)			Risikokategorie <i>gelb, grün:</i> Die angegebenen Tätigkeitsbedingungen beschreiben "Minimalanforderungen", d.h. bei günstigeren Bedingungen kann das biomechanische Überlastungsrisiko weiter verringert werden.	
	konventionell	optimiert	Hilfsmittel		
Aufrichten des Patienten vom Liegen zum Sitzen im Bett bzw. zurück	3,4 (1,8 - 5,4)	2,3 (2,0 - 2,5)	n.a.	rot gelb grün	in allen Fällen, ausgenommen gelbe oder grüne Bedingung optimiert + geringe Mithilfe starke Mithilfe
Bewegen des Patienten aus dem Liegen zum Sitzen an der Bettkante bzw. zurück	5,0 (3,3 - 6,2)	2,7 (2,0 - 3,6)	n.a.	rot gelb	in allen Fällen, ausgenommen gelbe Bedingung optimiert + geringe Mithilfe
Höherlagern des Patienten in Richtung Bett-Kopfende (PP an Bett-Längsseite)	6,9 (5,6 - 8,1)	5,4 (3,7 - 6,5)	2,8 (2,3 - 3,2)	rot gelb	in allen Fällen, ausgenommen gelbe Bedingung Hilfsmittel + starke Mithilfe
Höherlagern des Patienten in Richtung Bett-Kopfende (PP am Kopfende)	5,7 (2,8 - 8,9)	2,5 (2,0 - 3,0)	2,4 (2,2 - 2,8)	rot gelb	in allen Fällen, ausgenommen gelbe Bedingung optimiert <u>oder</u> Hilfsmittel <u>oder</u> starke Mithilfe
Verlagern des Patienten seitlich im Bett	4,9 (3,3 - 5,8)	2,6 (2,0 - 3,4)	1,9 (1,6 - 2,2)	rot gelb grün	in allen Fällen, ausgenommen gelbe oder grüne Bedingung optimiert + geringe Mithilfe Hilfsmittel + geringe Mithilfe
Anheben eines Beines des Patienten bzw. zurück (PP an Bett-Längsseite)	2,8 (1,9 - 4,0)	n.a.	n.a.	gelb	in allen Fällen
Anheben eines Beines des Patienten bzw. zurück (PP am Bett-Fußende)	1,8 (1,8 - 1,8)	n.a.	n.a.	grün	in allen Fällen
Anheben beider Beine des Patienten bzw. zurück	3,5 (3,0 - 4,5)	n.a.	n.a.	gelb	in allen Fällen
Hochstellen des Bett-Kopfteils mit Patienten bzw. zurück	4,3 (3,8 - 5,4)	4,1 (3,5 - 5,2)	n.a.	rot gelb	in allen Fällen, ausgenommen gelbe Bedingung <i>aufwärts:</i> optimiert + starke Mithilfe; <i>abwärts:</i> keine weiteren Anforderungen
Unterschieben der Bettpfanne unter den Patienten bzw. zurück	4,2 (2,6 - 6,5)	3,3 (3,3 - 3,3)	n.a.	rot gelb	unangemessene Arbeitsweise in allen Fällen, ausgenommen rote Bedingung
Ein- /Ausbetten Kleiner Hilfsmittel	n.a.	2,4 (2,2 - 2,6)	n.a.	gelb	optimiert + geringe Mithilfe
Umlagern des Patienten von Bett zu Bett	n.a.	n.a.	2,4 (2,3 - 2,4)	gelb	Hilfsmittel + geringe Mithilfe
Umsetzen des Patienten von der Bettkante in den Stuhl o.ä. bzw. zurück	5,1 (3,8 - 6,5)	3,7 (2,3 - 4,4)	3,1 (1,6 - 5,3)	rot gelb grün	in allen Fällen, ausgenommen gelbe oder grüne Bedingung optimiert <u>oder</u> Hilfsmittel (außer: unsachgemäße Nutzung) Hilfsmittel + starke Mithilfe (Patient bis 70 kg)
Aufrichten des auf dem Stuhl sitzenden Patienten in den Stand bzw. zurück	4,9 (3,8 - 6,4)	2,5 (1,9 - 3,1)	n.a.	rot gelb	in allen Fällen, ausgenommen gelbe Bedingung <i>aufwärts:</i> optimiert + starke Mithilfe; <i>abwärts:</i> starke Mithilfe (Patient bis 70 kg)
Aufrichten des auf dem Boden liegenden Patienten in den Stand	4,1 (3,3 - 4,7)	n.a.	n.a.	rot gelb	in allen Fällen, ausgenommen gelbe Bedingung starke Mithilfe
<b>Erläuterungen</b> PP: Pflegeperson n.a.: nicht anwendbar oder nicht analysiert  konventionell: konventionelle Arbeitsweise optimiert: optimierte Arbeitsweise Hilfsmittel: optimierte Arbeitsweise mit Nutzung Kleiner Hilfsmittel  starke Mithilfe: erhebliche Unterstützung durch den Patienten ("eher aktiver Patient") geringe Mithilfe: eingeschränkte Unterstützung durch den Patienten ("eher passiver Patient") ohne Mithilfe: Das Bewegen von nicht-mithelfenden Patienten ("passiver Patient") wurde nicht untersucht, d.h. entsprechende Empfehlungen wurden nicht abgeleitet.				<b>Risikokategorie</b> rot hoch: Risiko nicht akzeptabel gelb mittel: Risiko eventuell akzeptabel bei verbesserten Bedingungen grün niedrig: Risiko akzeptabel	

Ein hohes Überlastungsrisiko wurde insbesondere dann gefunden, wenn Personen in „konventioneller Arbeitsweise“ und/oder wenn „eher passive“ Patienten – d.h. Personen mit allenfalls geringer Mithilfe – bewegt werden. Eine beträchtliche Verrin-

gerung des Risikos kann durch Anwendung einer „optimierten Arbeitsweise“ erreicht werden, d.h. wenn beim Bewegen des Patienten biomechanische Grundregeln beachtet werden. Wird die optimierte Arbeitsweise durch die Nutzung „Kleiner Hilfsmittel“ wie Gleitmatten, Anti-Rutsch-Matten oder Haltegürtel ergänzt, lässt sich in der Regel eine weitere Belastungsreduktion und somit eine Risikoverringerung erreichen.

In Tabelle 1 sind die Ergebnisse zur Wirbelsäulenbelastung aufgeführt und – nach Analyse der Einzelwerte unter Berücksichtigung der jeweiligen Tätigkeitsbedingungen wie Mobilitätsgrad des Patienten und Arbeitsweise der Pflegekraft – den Risikokategorien entsprechend EN-Schema zugeordnet. In diesem Sinne wird beispielsweise für das Aufrichten des im Bett liegenden Patienten in eine sitzende Körperhaltung (s. Tabelle 1 oben) ein akzeptables Risiko („grün“) nur bei starker Patientenmitthilfe erreicht, während bei geringer Mithilfe trotz einer optimierten Arbeitsweise von einem mittelgradigen biomechanischen Überlastungsrisiko ausgegangen wird („gelb“). Bei Fehlen dieser „Minimalanforderungen“ wird ein (zu) hohes Risiko unterstellt („rot“). Insgesamt ermöglicht die Beurteilung der untersuchten Patiententransfers nach dem europäischen 3-Zonen-Bewertungssystem bei der Gefährdungsanalyse eine schnelle Schätzung des biomechanischen Überlastungsrisikos für die Lendenwirbelsäule von Pflegekräften. Somit können Gestaltungsdefizite erkannt und entsprechende Maßnahmen tätigkeitsspezifisch abgeleitet werden, um eine biomechanisch günstige, ergonomische Tätigkeitsausführung zu ermöglichen.

#### 4. Literatur

1. Hignett, S., Fray, M., Rossic, M.A., Tamminen-Peter, L., Hermann, S., Lomif, S., Dockrell, S., Cotrim, T., Cantineau, J.B. & Johnsson, C. 2007, Implementation of the Manual Handling Directive in the healthcare industry in the European Union for patient handling tasks, *International Journal of Industrial Ergonomics*, 37, 415-423.
2. Jäger, M., Theilmeier, A., Jordan, C. & Luttmann, A. 2008, Dortmunder Lumbalbelastungsstudie 3: Ermittlung der Belastung der Lendenwirbelsäule bei ausgewählten Pflegetätigkeiten mit Patiententransfer. Aachen: Shaker.
3. Jäger, M. & Luttmann, A. 2005, Der „Dortmunder Denkansatz“ zur biomechanischen Analyse der Wirbelsäulenbelastung bei Lastenhandhabungen, *Zeitschrift für Arbeitswissenschaft*, 59, 249-261.
4. Jäger, M. 2001, Belastung und Belastbarkeit der Lendenwirbelsäule im Berufsalltag – ein interdisziplinärer Ansatz für eine ergonomische Arbeitsgestaltung. *Fortschritt-Berichte VDI*, Reihe 17, Nr. 208. Düsseldorf: VDI-Verlag.
5. Meyer, J.-P., Kunz-Vondrazek, I., Meier, W., Beck, B.-B., Gary, Y., Kuhn, S. & Sandner, S. 2008, Fundamental principles and recommendations for the prevention of back illnesses in healthcare professionals. In: *Conference Proceedings of the International Conference HEPS 2008: Healthcare Systems Ergonomics and Patient Safety* (4 pp on CD). Strasbourg.
6. Wortmann, N. 2007, TOPAS'R – Bewegen von Patienten und Lasten, ein Konzept. Im Internet verfügbar unter: <http://www.rak-ig.de/RAK/Veranstaltungen/2007/Wortmann%20BGW.pdf>.

Danksagung: Ein ganz besonderer Dank gilt Frau Barbara-Beate Beck und Frau Beate Wiedmann (Forum fBB Hamburg) für die kompetente und konstruktive Zusammenarbeit.

## **Kniegelenksarthrose: Zeichnen sich physische Belastungen in einem spezifischen Schadensbild ab?**

André KLUSSMANN<sup>1</sup>, Hansjürgen GEBHARDT<sup>1</sup>, Falk LIEBERS<sup>2</sup>,  
Emilio QUIROS PEREA<sup>3</sup>, Hannes BORCH<sup>4</sup> und Monika A. RIEGER<sup>4,5</sup>

<sup>1</sup> *Institut für Arbeitsmedizin, Sicherheitstechnik und Ergonomie e.V. (ASER),  
Corneliusstr. 31, D-42329 Wuppertal*

<sup>2</sup> *Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA),  
Nöldnerstr. 40-42, D-10317 Berlin*

<sup>3</sup> *Sankt Josef Zentrum für Orthopädie und Rheumatologie,  
Bergstr. 6-12, D-42105 Wuppertal*

<sup>4</sup> *Institut für Arbeits- und Sozialmedizin,  
Universitätsklinikum Tübingen, Wilhelmstr. 27, D-72074 Tübingen*

<sup>5</sup> *Schwerpunkt Arbeitsmedizin und Umweltmedizin,  
Institut für Allgemeinmedizin und Familienmedizin,  
Universität Witten / Herdecke, Alfred-Herrhausen-Str. 50, D-58448 Witten*

**Kurzfassung:** Kniegelenksverschleiß (Gonarthrose) ist seit dem Jahr 2009 eine anerkannte Berufskrankheit. Die Gonarthrose zeichnet sich durch eine hohe Prävalenz in der Allgemeinbevölkerung sowie durch eine multifaktorielle Ätiologie aus. Vor diesem Hintergrund ist es von Interesse, ob sich die Auswirkungen bestimmter physischer Belastungen in spezifischen Knorpelschäden wieder finden. Zur Klärung dieser Frage wurde ein Subkollektiv der ArGon-Studie betrachtet. Ausgehend von den Befunden dieser Personen, die aufgrund von Kniebeschwerden arthroskopiert oder am offenen Gelenk operiert wurden, erfolgte die vergleichende Analyse der Lokalisation von Knorpelschäden im Kniegelenk. Die an den n=518 zur Verfügung stehenden Datensätzen durchgeführten Analysen ergaben nur für die Lokalisation von Knorpelschäden bei O- oder X-Beinen signifikante Befunde. Für die übrigen physischen Belastungsfaktoren (Knien/Hocken, Sport, Adipositas) fanden sich keine signifikanten Unterschiede zu den jeweiligen Vergleichsgruppen.

**Schlüsselwörter:** Kniegelenksarthrose, Schadensbilder, Prävention.

### **1. Einleitung**

Für den Verschleiß des Kniegelenkes kann eine Vielzahl von Faktoren verantwortlich sein. Fraglich ist, ob sich für die verschiedenen Faktoren auch spezifische Schadensbilder zeigen. Diese Frage kann für die Beurteilung der Berufskrankheit BK 2112 „Gonarthrose“ von Bedeutung sein. Unterscheiden sich beispielsweise die Schadensbilder beim Knien/Hocken von denen bei der Einwirkung anderer Belastungsarten, wäre dies ein Hinweis, der bei der Begutachtung fraglicher Berufskrankheitenfälle herangezogen werden könnte.

## 2. Methode

Im Rahmen der Fall-Kontroll-Studie „ArGon“ (Arbeit und Gonarthrose) wurden insbesondere die Faktoren Übergewicht/Adipositas, Beinachsenfehlstellungen im Bereich des Kniegelenks (X-/O-Bein), Knien/Hocken und Sport (Sportarten mit dem Risiko unbemerkter Verletzungen) als Prädiktoren für Kniegelenksarthrose ermittelt. Das methodische Vorgehen sowie die entsprechenden Ergebnisse zu Prädiktoren für das Auftreten einer Gonarthrose wurden an anderer Stelle bereits vorgestellt (Klußmann et al. 2008, 2009).

Bei einem Großteil der in die Studie eingeschlossenen Gonarthrosepatienten (n=739 Fälle) wurden die Lokalisation und die Ausprägung der Knorpelschäden aus der arthroskopischen oder intraoperativen Beurteilungen des offenen Gelenkinnenraumes in einem standardisierten Befundbogen erfasst. Hierbei wurden in Anlehnung an Empfehlungen der International Cartilage Repair Society (ICRS) alle Gelenkflächen des Kniegelenks in 48 Quadranten aufgeteilt dargestellt. Die in der vorliegenden Arbeit durchgeführten Analysen basieren auf dem Subkollektiv von n=518 Personen aus der ArGon-Studie, für die der Zustand der Gelenkflächen derart dokumentiert wurde. Dieses Kollektiv wurde in einem ersten Schritt mit der ebenfalls in der ArGon-Studie rekrutierten Kontrollgruppe (571 Kontrollen) verglichen. Über eine konditionierte logistische Regressionsanalyse wurden die Prädiktoren für das Vorliegen einer Gonarthrose ermittelt.

Im zweiten Schritt wurde die Verteilung der Knorpelschäden der 518 Gonarthrosepatienten betrachtet. Der Vergleich der Schadensbilder bei verschiedenen Belastungen erfolgte grafisch mittels eines speziell hierfür entwickelten Softwareprogramms (ArthroView, Borch et al. 2009). Darüber hinaus wurde die Verteilung von Knorpelschäden in den einzelnen Quadranten zwischen verschiedenen Subgruppen analysiert (Patientensubgruppen: keine Beinachsenfehlstellung vs. O-Bein bzw. vs. X-Bein; kein Knien vs. häufiges Knien; Normalgewicht vs. Adipositas).

## 3. Ergebnisse

Aus der konditionierten logistischen Regressionsanalyse unter den 518 Fällen (302 w, 216 m) und 571 Kontrollen (303 w, 268 m) resultierten in einem für Frauen und Männer gemeinsam entwickelten Modell die Prädiktoren Beinachsenfehlstellung, Übergewicht, Adipositas Grad I-III, Knien/Hocken >3.233 Stunden pro Leben (h/L) und Sport mit Risiko für inapparente Knieverletzungen  $\geq 2.392$  h/L (Angaben zu den Odds Ratios und Konfidenzintervallen vgl. Tabelle 1).

In der gemeinsamen Auswertung von Männern und Frauen fanden sich vergleichbare Ausprägungen der Prädiktoren wie in den nach Geschlecht getrennten Auswertungen in der ArGon-Studie. Für die Analyse der Schadenbilder wurden die in Tabelle 2 beschriebenen Gruppen untersucht. Dabei wurden linke und rechte Knie gemeinsam betrachtet und linke Knie auf das rechte Knie gespiegelt. In allen 48 Quadranten wurde die prozentuale Häufigkeit und das 95 %-Konfidenzintervall für das Vorliegen einer Schädigung berechnet.



**Tabelle 1:** Altersstratifiziertes Modell. Darstellung der Odds Ratios mit 95%-Konfidenzintervall (95%-KI) der physischen Prädiktoren für Gonarthrose. (R) = Referenzkategorie, h/L = kumulierte Stunden im Leben. Adjustiert auf Alter, Geschlecht, Vererbung und Rauchen

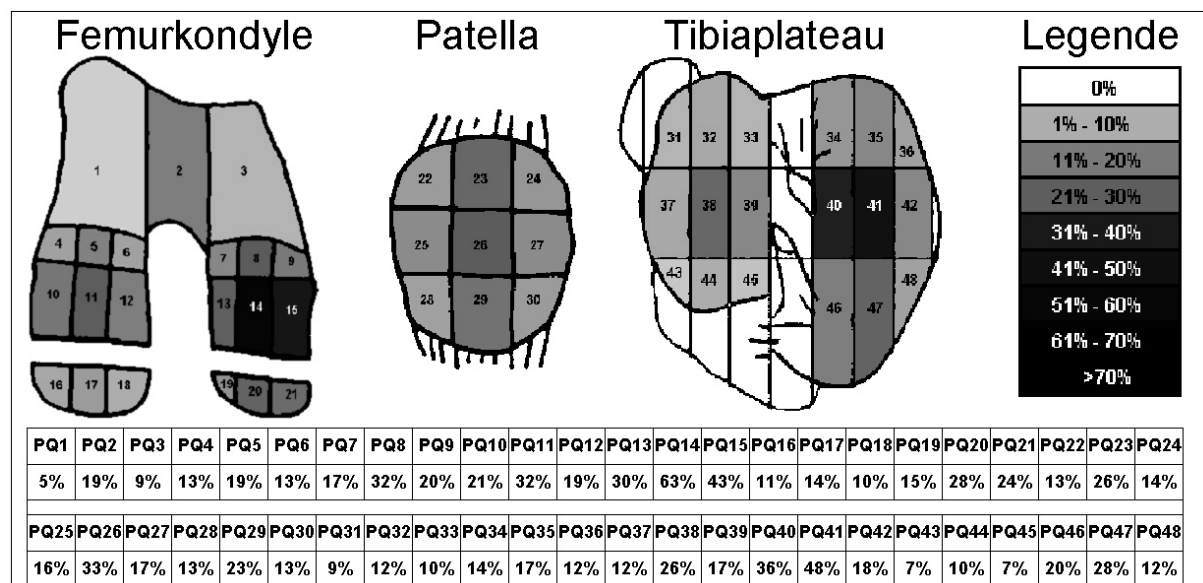
		Anzahl	p	OR	95%-KI
<b>X-/O- Bein</b>	kein X- oder O-Bein (R)	858		1	
	X- oder O- Bein	143	<0,001	5,4	3,3 - 8,6
<b>Body- Mass- Index</b>	Normalgewicht (R)	383		1	
	Übergewicht	400	<0,001	2,5	1,8 - 3,5
	Adipositas Grad I	210	<0,001	3,2	2,1 - 4,7
	Adipositas Grad II und III	92	<0,001	11,4	5,8 - 22,2
<b>Knien/ Hocken</b>	kein Knien/Hocken (R)	557		1	
	Knien/Hocken <3.233 h/L	168	n.s.	1,4	0,9 - 2,1
	Knien/Hocken 3.233 - 9.557h/L	167	<0,05	1,6	1,1 - 2,5
	Knien/Hocken >9.557 h/L	168	<0,001	2,3	1,5 - 3,5
<b>Sport*</b>	kein Sport (R)	643		1	
	Sport < 2.392 h/L	211	n.s.	1,3	0,9 - 1,8
	Sport >=2.392 h/L	212	<0,01	1,7	1,2 - 2,5

\* Sport = Sportarten mit einem Risiko auf inapparente Verletzungen

**Tabelle 2:** Gruppenbildung und Auswertung der Schadensbilder

Gruppe	Beschreibung	Anzahl	Verwendung
1	alle Fälle	518	Gesamtdarstellung, <b>Abbildung 1</b>
2	keine Beinefehlstellung (kBF)	332	Referenzgruppe für Gruppen 3 u 4
3	O-Bein	78	Vergleich mit Gruppe 2
4	X-Bein	37	Vergleich mit Gruppe 2
5	kein Knien, kBF	150	Referenzgruppe für Gruppe 6
6	Knien 3. Terzil, kBF	73	Vergleich mit Gruppe 5
7	kein Sport, kBF	194	Referenzgruppe für Gruppe 8
8	Sport über Median, kBF	70	Vergleich mit Gruppe 7
9	Normalgewicht, kBF	109	Referenzgruppe für Gruppe 10
10	Adipositas (BMI +30), kBF	78	Vergleich mit Gruppe 9

Die Darstellung des Gesamtkollektivs (vgl. Abbildung 1) lässt eine deutliche Häufung der Knieschäden in der Mitte der medialen Femurkondyle (PQ 14 und PQ 15) und - etwas abgeschwächt - in der medialen Fläche des Tibiaplateaus (PQ 40 und PQ 41) erkennen. Beim Vergleich von Gruppe 3 (O-Bein) und Gruppe 2 (keine Beinefehlstellung) ergaben sich signifikant erhöhte prozentuale Häufigkeiten von Schäden im Bereich der medialen Femurkondyle und der medialen Fläche des Tibiaplateaus. Umgekehrt zeigten sich signifikante Häufungen auf der lateralen Femurkondyle und der lateralen Fläche des Tibiaplateaus beim Vergleich der Gruppe 4 (X-Bein) mit der Gruppe 2 (keine Beinefehlstellung). In den weiteren Vergleichen (Sportler mit Nichtsportlern, Adipöse mit Normalgewichtigen und Personen mit knienden/hockenden Tätigkeiten vs. kein Knien) konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Häufigkeiten der Schäden in den einzelnen Quadranten festgestellt werden.



**Abbildung 1:** Prozentuale Häufigkeit von spezifischen Knorpelschäden unter 518 Patienten. Dargestellt ist ein rechtes Knie, die Schäden an linken Knien sind hierauf gespiegelt

#### 4. Diskussion

Die an dem vorliegenden vergleichsweise umfangreichen Kollektiv erhobenen Ergebnisse deuten darauf hin, dass sich spezifische Schadensbilder nur für die Auswirkung von Beinachsenfehlstellungen im Bereich des Kniegelenks zeigen lassen. Für die übrigen in der Regressionsanalyse ermittelten physischen Prädiktoren wie Knien/Hocken, Adipositas und Sport konnten mit dem beschriebenen Vorgehen keine spezifischen Schadensbilder ermittelt werden.

#### 5. Literatur

1. Borch, H., Klußmann, A. & Rieger, M.A. 2009, Entwicklung einer Software zur Darstellung und Analyse von Schadensbildern am Beispiel des Kniegelenkes. In: Forum Arbeitsphysiologie (Hrsg.), 13. Symposium, Schriftenreihe des Instituts ASER e.V., Nr. 7. Wuppertal: ASER, S.18-19.
2. Klußmann, A., Gebhardt, H., Liebers, F., von Engelhardt, L.V., Dávid, A., Bouillon, B. & Rieger, M.A. 2008, Individual and occupational risk factors for knee osteoarthritis – Study protocol of a case control study, BMC Musculoskeletal Disorders, 9:26.
3. Klußmann, A., Gebhardt, H., Nübling, M., Liebers, F., Bouillon, B. & Rieger, M.A. 2009, Welche beruflichen und individuellen Faktoren können im Zusammenhang zur Kniegelenksarthrose stehen? Design der Fall-Kontroll-Studie ArGon. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg.), Arbeit, Beschäftigungsfähigkeit und Produktivität im 21. Jahrhundert. Dortmund: GfA Press, S. 719-722.

#### Danksagung

Die ArGon-Studie wurde initiiert, finanziert und fachlich begleitet von der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (Fremdforschungsprojekt F2096). Die Arbeit des Instituts für Arbeits- und Sozialmedizin Tübingen wird finanziell unterstützt durch den Verband der Metall- und Elektroindustrie Baden-Württemberg e.V. (Südwestmetall).



## INQA-Vorhaben „Betriebliche Beratungs- und Unterstützungsangebote zur Prävention von Beschwerden des Hand-Arm-Systems“

Silke PARITSCHKOW<sup>1</sup>, Wilfried PRESCHER<sup>1</sup>, Martin SCHMAUDER<sup>1</sup>,  
Ralf BRUDER<sup>2</sup> und Jurij WAKULA<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Institut für technische Logistik und Arbeitssysteme,  
Technische Universität Dresden, Helmholtzstr. 10, D-01062 Dresden*

<sup>2</sup> *Institut für Arbeitswissenschaft, Technische Universität Darmstadt,  
Petersenstr. 30, D-64287 Darmstadt*

**Kurzfassung:** Beschwerden des Hand-Arm-System sind bei manuellen Montageprozessen und bei Tätigkeiten in der Baubranche häufig zu verzeichnen. INQA-Produktion stellt deshalb ab Juni 2010 ein kostenloses Dienstleistungspaket hauptsächlich für Unternehmen dieser Branchen zur Verfügung. Das Dienstleistungspaket wurde im vergangenen Jahr durch Experten der TU Dresden und Darmstadt, des LAS Potsdam, des IFA (ehem. BGIA), der BG BAU, der MMBG, der BGM Nord Süd, der IG Bau sowie von Herstellern handgeführter Arbeitsmaschinen zusammengestellt. Derzeit befindet sich das Paket in der Erprobungs- und Evaluierungsphase in verschiedenen Firmen.

**Schlüsselwörter:** Prävention, Belastungen, Produktionstätigkeiten, Vibrationen.

### 1. Einleitung

Manuelle Tätigkeiten in der Produktion oder auf dem Bau, die ergonomisch ungenügend gestaltet sind, führen häufig zu ineffizienten Prozessen und verursachen Beschwerden und Erkrankungen des Hand-Arm-Systems.

„Muskel-Skelett-Erkrankungen“ stehen im Fokus der Prävention arbeitsbedingter Gesundheitsgefahren – in Deutschland wie auch international. Die Diagnosegruppe „Erkrankungen des Skeletts, der Muskeln und des Bindegewebes“, darunter auch Erkrankungen des Hand-Arm-Systems, ist für knapp 30 % des Arbeitsunfähigkeitsvolumens verantwortlich und verursacht damit hohe volkswirtschaftliche Kosten. In Deutschland klagen über 20% der Beschäftigten über Schmerzen in Händen und Armen und über 40 % über Schmerzen im Schulter- und Nackenbereich (BAuA 2009). In Fertigungs- und Bauberufen klagen über 40% der Beschäftigten über Schmerzen in diesen beiden Bereichen (BAuA 2005).

Präventionsmaßnahmen werden deshalb auch zunehmend staatlich gefordert, so zum Beispiel über die LärmVibrationsArbschV. Es ist ein abgestimmtes Vorgehen zwischen Herstellern und Anwendern unter Einbeziehung der Forschung erforderlich, um den eigentlich hinreichenden Kenntnisstand durch Wissensaustausch und –transfer über geeignete Netzwerke in die Praxis tragen zu können (Bruder et al. 2007). Die Partner in diesem Projekt bilden nahezu die gesamte Akteurslandschaft ab, die erfolgreiche Gestaltungsmaßnahmen flächendeckend in den Unternehmen bekannt machen und deren Umsetzung beratend begleiten können.

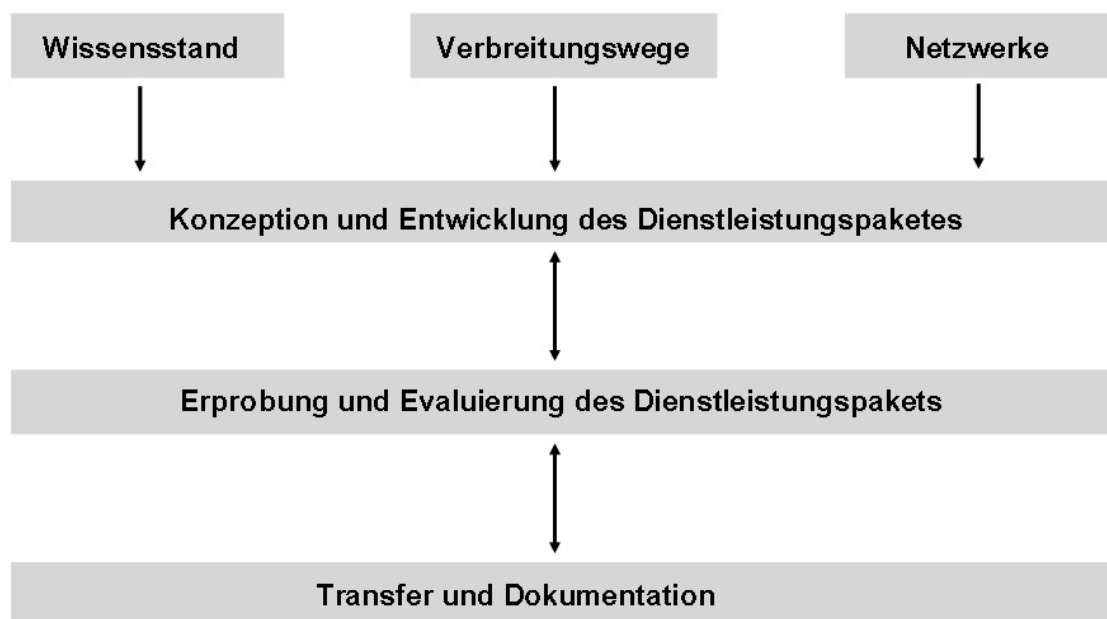
Ziel des Vorhabens ist die Unterstützung von Führungskräften und Beschäftigten bei der Prävention von Beschwerden speziell am Hand-Arm-System. Dies soll durch

ein im Internet frei verfügbares Dienstleistungspaket für Unternehmen erreicht werden.

## 2. Vorgehen

Zunächst wurde der vorhandene, aber an unterschiedlichen Stellen verfügbare Wissensstand zusammengeführt. Es erfolgte eine Aufbereitung des Wissens bezüglich relevanter Belastungsfaktoren und Erkrankungen des Hand-Arm-Systems, zu vorhandenen Gestaltungslösungen sowie zum Vorschriften- und Regelwerk. Weiterhin erfolgte eine Analyse von Verbreitungswegen von arbeitsschutz- und ergonomierelevanten Wissen sowie zu bestehenden Netzwerken.

Die Erkenntnisse aus diesen drei Arbeitspaketen wurden genutzt, um daraus ein entsprechendes Dienstleistungspaket zu erstellen (vgl. Abbildung 1). Dafür erfolgte zum Beispiel die Erarbeitung einer Toolbox zu Gefährdungsanalyse und –beurteilung, eine Sammlung und Darstellung von Good-Practice-Beispielen sowie die Erarbeitung neuer oder die Aufbereitung vorhandener Entscheidungshilfen/Checklisten zur Arbeitsgestaltung bei Arbeitsmitteln und/oder Arbeitsorganisation für die Vermeidung oder Minimierung von Fehlbelastungen des Hand-Arm-Systems. Das entstandene Dienstleistungspaket wird derzeit erprobt, evaluiert und verbessert. Ein Transferkonzept zur Bekanntmachung des Paketes wird ebenfalls erarbeitet.



**Abbildung 1:** Vorgehensweise im Projekt

## 3. Ergebnisse

Das Dienstleistungspaket ist schwerpunktmäßig auf die Prävention von Hand-Arm-Beschwerden in der Metall- und Elektroindustrie (manuelle Montageprozesse) und der Baubranche gerichtet, jedoch sind die darin enthaltenen Informationen durchaus auch für andere Branchen geeignet. Das Paket richtet sich an Führungskräfte, Fachkräfte für Arbeitssicherheit, Betriebsärzte, Arbeitsplaner, Einkäufer, Betriebsräte und Beschäftigte.

Es enthält 9 Themenbereiche (vgl. Abbildung 2). Die darin enthaltenen Informationen werden meist getrennt nach „Hand-Arm-Vibrationen“ und „physischen Belastungen“ (repetitive Tätigkeiten mit sich stark wiederholenden Arbeitszyklen und Bewegungen sowie Tätigkeiten mit erhöhten statischen bzw. dynamischen Kraftanstrengungen in ergonomisch ungünstigen Hand-Arm-Haltungen) dargeboten, da bei diesen zwei Hauptverursachern für Hand-Arm-Beschwerden unterschiedliche Wissensstände bestehen.

<b>inoa-prodaktion</b> <small>Initiativkreis Arbeitssysteme in der Produktion</small>	<b>Prävention von arbeitsbedingten Beschwerden und Erkrankungen am Hand-Arm-System</b>
<div style="background-color: #d3d3d3; padding: 2px;"><b>Einführung</b></div> <div style="padding: 2px;"><a href="#">Grundlagen</a></div> <div style="padding: 2px;"><a href="#">Gefährdungsbeurteilung</a></div> <div style="padding: 2px;"><a href="#">Maßnahmen</a></div> <div style="padding: 2px;"><a href="#">Produkte</a></div> <div style="padding: 2px;"><a href="#">Fachinformationen</a></div> <div style="padding: 2px;"><a href="#">Gesetze, Verordnungen, Normen, Richtlinien</a></div> <div style="padding: 2px;"><a href="#">Checklisten, Tools</a></div> <div style="padding: 2px;"><a href="#">Erfahrungsberichte</a></div>	<div style="background-color: #d3d3d3; padding: 2px;"><b>Willkommen</b></div> <p>Im Folgenden werden Ihnen Informationen zur Vermeidung von arbeitsbedingten Beschwerden und Erkrankungen an Händen, Armen, Ellbogen und Schultern (kurz: Hand-Arm-System) zur Verfügung gestellt.</p> <p>Dieses Angebot von INQA-Produktion richtet sich an Produktions- oder Bauunternehmen, welche Arbeitsmittel (Produkte) einsetzen, die Vibrationen verursachen und /oder hohe physische Belastungen des Hand-Arm-Systems vorliegen. Es kann aber auch von Unternehmen anderer Branchen genutzt werden.</p> <p>Mit Hilfe dieses Angebotes können Sie Tätigkeiten in Ihrem Unternehmen, die besonders für das Hand-Arm-System belastend sind, erkennen und beurteilen. Weiterhin enthält es Beispiellösungen zur Planung von Gestaltungsmaßnahmen.</p> <p>Dafür stehen Ihnen verschiedene Themenbereiche zur Verfügung, durch die wir Sie mit diesem Angebot führen möchten.</p> <div data-bbox="879 875 1225 1153" data-label="Image"> </div> <p style="text-align: center;"><small>Manuelle Tätigkeiten die durch Vibrationen geprägt sind</small></p> <p style="text-align: center;"><small>Foto: /1/</small></p> <div style="text-align: right; margin-top: 20px;"> <div style="background-color: #d3d3d3; padding: 5px 10px; border-radius: 5px;">weiter</div> </div>
<b>Inhaltsverzeichnis</b>	

**Abbildung 2:** Inhalt des Dienstleistungspakets (Arbeitsversion)

Nach einem einleitenden Teil folgen zunächst Wissenswertes und Grundlagen rund um das Thema Beschwerden am Hand-Arm-System und deren Ursachen. Ein dritter Bereich enthält Hinweise zur Gefährdungsbeurteilung. Mögliche Maßnahmen zur Belastungsreduzierung und Prävention bilden einen weiteren Themenbereich des Paketes, gefolgt von Hinweisen zu ergonomischen Produkten für die Belastungsreduzierung. Im Bereich Fachinformationen erhält der Nutzer Hinweise zu Internetadressen (Institutionen, Verbände, Vereine, Netzwerke, Veranstaltungen und Herstellerinformationen), findet Anbieter von Bildung und Weiterbildung und kann sich über grundlegende sowie weiterführende Literatur informieren. Außerdem sind in diesem Themenbereich sämtliche Quellenangaben enthalten. Es folgt eine Zusammenstellung von relevanten Gesetzen, Verordnungen, Normen und Richtlinien. Weiterhin werden Checklisten und Tools für die Analyse und Bewertung von Hand-Arm-Vibrationen und von physischen Belastungen angeboten. Das Paket wird auch Erfahrungsberichte von Unternehmen enthalten, die Arbeitsplätze oder Arbeitsverfahren mit Unterstützung dieses Dienstleistungspaketes analysiert und umgestaltet haben.

Derzeit wird das Dienstleistungspaket in fünf Unternehmen, in denen Tätigkeiten mit Belastungen des Hand-Arm-Systems auftreten, erprobt und danach evaluiert. Mit den Firmen wurden Vorgespräche zur betrieblichen Problemlage, Einschränkung des Untersuchungsbereiches und Abklärung von notwendigen Messungen geführt. In vier Unternehmen fanden Anfangsmessungen statt. Die Firmen wurden gebeten, das Dienstleistungspaket selbständig anzuwenden, haben aber einen zentralen Ansprechpartner durch das Projekt. Mit der Erprobungsphase ist so eine kostenfreie Beratung und Begleitung durch die zuständigen Projektpartner verbunden.

Alle Anfragen und Hinweise zum Dienstleistungspaket werden gesammelt und das Dienstleistungspaket entsprechend überarbeitet. Am Ende der Erprobungsphase stehen die Abschlussmessungen und die Evaluierung des Dienstleistungspaketes. Die Evaluierung erfolgt durch einen orientierenden Fragebogen zur Qualität des Dienstleistungspaketes und ein ausführlicheres Evaluierungsinterview mit den Firmen.

#### **4. Ausblick**

Das Dienstleistungspaket wird voraussichtlich ab Juni 2010 auf der Homepage von INQA-Produktion zur Verfügung stehen. Die weitere Verbreitung und Nutzung des Dienstleistungspaketes „Hand-Arm-System“ wird durch die Zusammenarbeit der Projektpartner aus Institutionen des Arbeitsschutzes, der Sozialpartner, der Anwender und Hersteller, der Wissenschaft, der Normung sowie in Kooperation mit anderen INQA-TIKs (INQA-Bau, INQA KGA) gefördert.

#### **5. Literatur**

1. Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin - BAuA (Hrsg.), 2007, Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit 2005 – Unfallverhütungsbericht Arbeit. Dortmund: BAuA.
2. Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin - BAuA (Hrsg.), 2009, Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit 2007 – Unfallverhütungsbericht Arbeit. Dortmund: BAuA.
3. Bruder, R., Ghezel-Ahmadi, K., Schaub, K., Sinn-Behrendt, A., Mauerhoff, A. & Feith, A. 2007, Arbeitsbezogene Belastungen des Muskel-Skelett-Systems – innovative und integrative Präventionsansätze. Darmstadt: TU Darmstadt, Institut für Arbeitswissenschaft.
4. Bundesministerium für Arbeit und Soziales - BMAS (Hrsg.). 2007, Handbuch zum Thema Hand-Arm-Vibration. Potsdam: BMAS.
5. Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung - DGUV (Hrsg.) 2006, Vibrationseinwirkung an Arbeitsplätzen – Kennwerte der Hand-Arm- und Ganzkörperschwingungsbelastung, BGIA-Report 6/2006.
6. Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung – DGUV (Hrsg.) 2007, Muskel-Skelett-Erkrankungen der oberen Extremität und berufliche Tätigkeit, BGIA-Report 2/2007.
7. Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung - DGUV (Hrsg.) 2007, Gesunder Rücken – Gesunde Gelenke: Noch Fragen? - Gesund und fit im Kleinbetrieb, BGI 7011 Köln.
8. Steinberg, U. 2008, Manuelle Arbeit ohne Schaden. Dortmund: BAuA.

## Untersuchung des Einflusses von Griff-/Kontaktbedingungen bei Clipsverbindungen auf die Montagezeit

Hamed SALMANZADEH<sup>1</sup>, Marianela DIAZ MEYER<sup>2</sup>, Kurt LANDAU<sup>3</sup> und Ralph BRUDER<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Institut für Arbeitswissenschaft, TU Darmstadt,  
Petersenstr. 30, D-64287 Darmstadt*

<sup>2</sup> *Ergonomia, Julius-Hölder-Str. 29a, D-70594 Stuttgart*  
<sup>3</sup> *Institut für Organisation und Arbeitsgestaltung,  
Lechnerschaft 110, A-9872 Millstatt*

**Kurzfassung:** Clipsverbindungen, deren Einsatz in der Automobilmontage mittlerweile eine große Bedeutung bekommen hat, weisen einen großen Anteil an sensumotorischen Tätigkeiten auf. Sie erfordern eine hohe Präzision und Koordination des Hand-Finger-Systems, um eine ausreichende Greifstabilität während des Montagevorgangs zu ermöglichen. Bisherige Gestaltungsprinzipien sind nicht ausreichend, um die ergonomischen Anforderungen für sensumotorische Clipsoperationen befriedigend erfüllen zu können. In dieser Studie wurden präzise Clipsoperationen (Einfluss von Griff-/Kontaktbedingungen: „Scharfkantigkeit“, „Rutschigkeit“, „Dimension“) aus mikroökonomischer Sicht (Montagezeit) genauer betrachtet. Anhand von Videoaufnahmen wurden mit der 3D-Bewegungsanalysesoftware APAS die kinematischen Daten des Hand-Arm-Systems von 30 männlichen Probanden im Alter zwischen 20 und 30 Jahren während der Montage bzw. beim Clipsen erfasst. Die aufgestellten Hypothesen bezüglich Bewegungszeit wurden statistisch überprüft. Zudem wurden Verbesserungsvorschläge für die Gestaltung der Clipsverbindungen hinsichtlich der sensumotorischen Einflussgrößen abgeleitet.

**Schlüsselwörter:** Clipsverbindungen, Bewegungsanalyse, Montagezeit; Produktgestaltung.

### 1. Einleitung

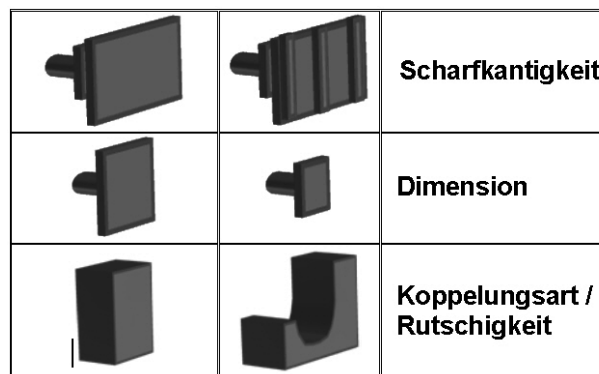
Clipsverbindungen werden in den letzten Jahrzehnten in der Industrie immer häufiger verwendet. Die Gründe für die zunehmende Beliebtheit der Clipse in der Montage sind vielschichtig. Clipse nutzen elastische Schnapphaken und lassen sich in der Montage durch eine konstruktive Kombination von Schnapphaken und Zentrierhilfen mit zumeist einfachen Bewegungen ohne Zusatzwerkzeuge in sehr kurzer Zeit fügen, so dass mikroökonomisch auch hier Arbeitszeit und damit Geld gespart werden kann. Clipse haben ein geringes Gewicht - tragen dadurch bei vielfacher Verwendung zu einer Gewichtsreduktion im Vergleich zu anderen Verbindungstechniken bei - und können in den verschiedensten Formen gefertigt werden. Komplexere Formen ermöglichen die Integration von weiteren Funktionen in einem einzigen Teil (Integralbauweise), wodurch zusätzliche Verbindungselemente eingespart werden können. Manche Clipsverbindungen erfordern jedoch aufgrund von Merkmalen wie z. B. Scharfkantigkeit, Flexibilität und Rutschigkeit bei der Montage eine hohe Präzision



und Optimierung der Hand-Finger-Koordination, um eine ausreichende Greifstabilität beim Handhaben, Ausrichten und Einfügen zu ermöglichen. Deshalb besteht die Vermutung, dass die Clipsverbindungen wegen der notwendigen Sorgfalt bei der Handhabung schwieriger bzw. langsamer zu bearbeiten sind als andere Arbeitsgegenstände. Genc et al. (1998) zitierten die Arbeiten von Boothroyd & Dewhurst (1983) sowie von Poli et al. (1986). Diese entwickelten jeweils ähnliche Verfahren zur Ermittlung der Montagezeiten für Clipsverbindungen. Die Zeitzuschläge für schwierigere Einsatzbedingungen wurden bei diesem Verfahren in Abhängigkeit von u. a. Orientierung (runde oder viereckige Form) grob eingeschätzt. Dennoch wurden die Griff-/Kontaktbedingungen (z. B. Scharfkantigkeit), die die Form von Clipsverbindungen charakterisieren, zwar erwähnt, jedoch nicht explizit berücksichtigt. Landau et al. (2009) systematisierten die wichtigsten in Frage kommenden zeitbestimmenden Einflussgrößen bei der Handhabung/ Montage der Clipsverbindungen nach Geometrie der Kopf-/ Fußform der Clipsverbindungen sowie nach Art der Fügebewegung. Sie berechneten in erstem Schritt die Ausführungszeit für zahlreiche Clipsverbindungen anhand des MTM-Grundverfahrens MTM-1 (Antis et al. 1968; DMTM n. d.), welches für schwierige Handhabungsfälle einen Pauschalzeitzuschlag vorgesehen hat. Die genauere empirische Untersuchung ausgewählter Einflussgrößen wie z. B. Geometrie der Kopfform auf die Montagezeit und deren Einzelzeitabschnitte (Holzeit, Bringzeit und Fügezeit) ist Bestandteil dieses Beitrags. Für den Konstrukteur von Clipsverbindungen könnten sich aus diesen Untersuchungen Hinweise ergeben, wie er seine Clipse hinsichtlich des Montagezeitbedarfs weiter optimieren kann.

## 2. Methode

Zur Überprüfung der Hypothesen wurde eine Versuchsreihe konzipiert, um ausgewählte Clipse paarweise miteinander zu vergleichen. Diese Clipse (vgl. Abbildung 1) sind jeweils geometrisch ähnlich und unterscheiden sich im direkten Vergleich nur in den Merkmalen Scharfkantigkeit, Dimension und Koppelungsart (Rutschigkeit).

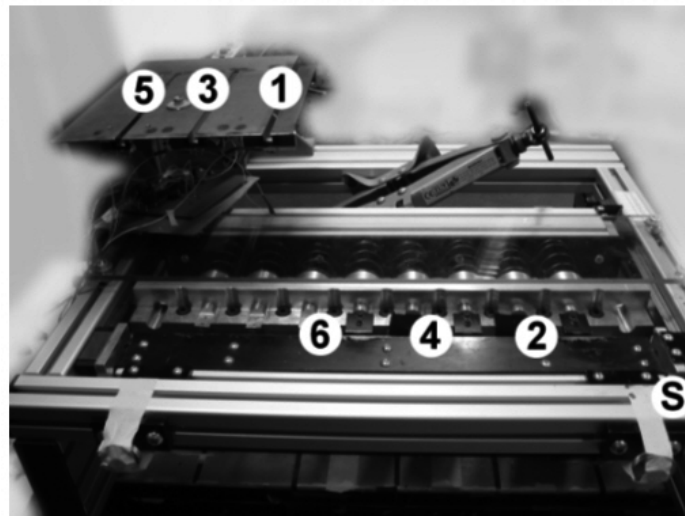


**Abbildung 1:** Clipspaarungen

Für die Untersuchungen zur Clipsarbeit wurde eine spezielle Prüfvorrichtung entwickelt (vgl. Abbildung 2). Diese Vorrichtung wurde auf einer Kraftmessplatte (KIAG SWISS, Type 9261A) befestigt, welche die Kraftwirkung in allen 3 Raumrichtungen erfassen kann. Eine Clipszufuhr mit drei Spalten, in denen Clipse bevorratet werden, wurde an der Prüfvorrichtung befestigt. Der direkte Abstand der Mitte der Fügestellen zu der Mitte der zugeordneten Spalten an der Clipszufuhr ist etwa gleich lang. An jedem Spalt der Clipszufuhr ist eine Lichtschranke angebracht, welche beim Durchziehen eines Clipsfußes einen kurzen Stromimpuls sowohl an drei Leuchtdioden als auch an einen Messkanal des Analog-Digital-Umsetzers (HBM Spider8) schickt. Dieses „Markier“-Signal



dient der späteren Synchronisation der verschiedenen Messverfahren und der Trennung in die einzelnen Bewegungsabschnitte.



**Abbildung 2:** Messvorrichtung mit Zufuhr

Von dieser Bewegungsfolge wird das Verlassen der Positionen 1, 3 und 5 durch die Signale der Lichtschranken festgestellt. Jede dieser 3 Positionen löst einen etwas längeren Impuls als sein Vorgänger aus, so dass zusätzlich anhand der Länge der Impulse die auslösende Lichtschranke erkannt werden kann. Das Erreichen der Positionen 2, 4 und 6 wird über die Kraftmessplatte erfasst - sobald hier eine positive Messwertauslenkung zu erkennen ist, kann davon ausgegangen werden, dass der Clips Kontakt mit der Prüfvorrichtung hat. Vom Kontakt mit der Kraftmessplatte bis zum Loslassen des Clips findet der Fügevorgang statt. Sobald die Kraftkurve wieder das Nullniveau erreicht, ist der Fügevorgang beendet und die Hand des Probanden befindet sich schon wieder auf dem Weg in Richtung des nächsten Clips. Zur Höhenanpassung an die variable Körperhöhe der Probanden wurde ein höhenverstellbares Podest bereitgestellt. Pro gültigen Versuch erhält man aus einer Bewegungsfolge drei Werte für Bringzeiten bzw. Fügezeiten, jedoch nur zwei Werte für Holzeiten, da der Holvorgang zum ersten Clips kein im Kraft-Zeit-Verlauf erkennbares Startsignal hat. Aus 3 Versuchswiederholungen pro Versuchsvariante ergeben sich so 9 bzw. 6 Werte, welche dann, sobald diese Werte den jeweiligen Clipsen zugeordnet sind, über alle Probanden ( $n = 30$ , männlich, im Alter von 20 bis 30 Jahren) verglichen werden können. Für die Versuchsreihe wird an der Prüfvorrichtung eine Fügekraft von 50 N voreingestellt. Die Videoanalyse der Bewegung soll in erster Linie dazu genutzt werden, um die Bewegungsdaten der Hand zu erfassen. Die Versuchsperson bekommt hierzu reflektierende Marker an charakteristischen Punkten des Körpers befestigt. Die Bewegung wird anschließend von 3 unabhängigen Kameras erfasst und über die Software APAS in mehreren Schritten aufbereitet. Im Ergebnis erhält man dann z. B. eine Datei mit den jeweiligen Koordinaten der Marker zu bestimmten diskreten Zeitpunkten. Außerdem ist es möglich, sich aus diesen Daten abgeleitete Werte wie relative Wegstrecke, Geschwindigkeit, Beschleunigung, aber auch Winkel zu vorher definierten Koordinatenachsen oder zwischen Gelenken zu ermitteln.

### 3. Ergebnisse und Diskussion

Die aufbereiteten Messdaten wurden anschließend in dem Statistik-Programm SPSS paarweise miteinander verglichen und über t-Tests für abhängige Stichproben gegen-

übergestellt. Der t-Test geht dabei davon aus, dass den Messdaten eine Normalverteilung zugrunde liegt, welches anhand des Kolmogorov-Smirnov-Tests bzw. des Shapiro-Wilk-Tests überprüft wurde. Sollten diese Tests anzeigen, dass die Stichprobendaten nicht normalverteilt sind, wird anstelle des t-Tests der nicht-parametrische Wilcoxon-Test ausgeführt, welcher keine Normalverteilung voraussetzt. Die Ergebnisse der statistischen Auswertung sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

**Tabelle 1:** *p*-Werte der Auswertung der Zeitdaten (*p* < 0,05 bedeuten einen signifikanten Einfluss)

	hat einen signifikanten Einfluss auf			
	Holzeit	Bringzeit	Fügezeit	Montagezeit
<b>Scharfkantigkeit</b>	0,378	0,980	<b>0,000</b>	0,505
<b>Dimension</b>	0,951	<b>0,001</b>	<b>0,002</b>	<b>0,000</b>
<b>Koppelungsart / Rutschigkeit</b>	<b>0,000</b>	0,211	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>

Die Ergebnisse belegen, dass sich die Einflussfaktoren Dimension und Rutschigkeit hoch signifikant ( $p < 0,01$ ) auf die Montagezeit auswirken. Ein entsprechender Vergleich der jeweiligen Mittelwerte belegt einen verlängernden zeitlichen Einfluss der genannten Merkmale gegenüber den Referenzclipsen. Bei einer differenzierten Betrachtung der Montagezeit kann der gleichen Argumentation folgend ebenfalls ein verlängernder Einfluss von Scharfkantigkeit, Dimension und Rutschigkeit auf die Fügezeit festgestellt werden. Ein einzelner signifikant verlängernder Faktor wirkt sich jedoch nicht notwendigerweise auch signifikant auf die Summe der Montagezeit aus, wie im Falle der Scharfkantigkeit zu erkennen ist. Es ist dabei davon auszugehen, dass ein verkürzender Effekt, der durch die bessere Griffbarkeit der Oberflächenstruktur in der Bringphase entsteht, einer Verlängerung der Fügezeit entgegenwirkt, so dass in der Summe keine signifikanten Aussagen mehr getroffen werden können.

Durch den signifikant verlängernden Einfluss der Dimension auf die Bringzeit lässt sich vermuten, dass der kleinere Clips mit Vorsicht gegriffen werden musste und daher unbewusst sorgsamer bewegt wurde. Dies ist jedoch nur eine mögliche Interpretation, welche erst nach einer genaueren Analyse der Beschleunigungs- bzw. Geschwindigkeitskurven bestätigt werden muss. Ähnliches gilt für den signifikant höheren Zeitbedarf des rutschigen Clips bei der Holbewegung - auch hier wird erst eine weitere Auswertung die konkreten Zusammenhänge aufzeigen.

#### 4. Literatur

1. Boothroyd, B. & Dewhurst, P. 1983, Product design for assembly. Wakefield: Boothroyd Dewhurst Inc..
2. Deutsche MTM-Vereinigung e.V. – DMTM, MTM-Grundverfahren, Lehrgangsunterlage Teil 1 und 2. Hamburg. (n.d.).
3. Genc, S., Messler, R.W. Jr. & Gabriele, G. A. 1998, A systematic approach to integral snap-fit attachment design, Research in Engineering Design, 10, 84-93.
4. Landau, K., Landau, U. & Salmanzadeh, H. 2009, Productivity Improvement with Snap-Fit systems. In: C.M. Schlick (Ed), Industrial Engineering and Ergonomics - Vision, concepts, methods and tools, Festschrift in Honor of Professor Holger Luczak, Berlin: Springer, S. 595-608.
5. Poli, C., Graves, R. & Groppetti, R. 1986, Rating products for ease of assembly, Machine Design, 58, 79-84.

# Bildungsmaßnahmen in der beruflichen Rehabilitation: Werden die Ziele erreicht?

Wolfgang SLESINA

*Sektion Medizinische Soziologie, Universität Halle-Wittenberg,  
Harz 42a, D-06097 Halle*

**Kurzfassung:** Drei Formen beruflicher Bildungsmaßnahmen für Rehabilitanden werden unter Aspekten der Prozessqualität und der Ergebnisqualität (Quantität und Qualität der beruflichen Wiedereingliederung) beschrieben.

**Schlüsselwörter:** berufliche Rehabilitation, Bildungsmaßnahmen, Eingliederungsquote, Eingliederungsqualität.

## 1. Einleitung

Die Leistungen zur Teilhabe am Arbeitsleben (nach SGB IX) haben den Zweck, für behinderte oder von Behinderung bedrohte Menschen die Teilhabe am Arbeitsleben dauerhaft zu sichern.

Zu den Teilhabeleistungen zählen berufliche Bildungsmaßnahmen der beruflichen Erstausbildung, der beruflichen Weiterbildung (Umschulung für einen neuen Beruf, Fortbildung) und der beruflichen Anpassungsqualifizierung/Integrationsmaßnahmen mit großer Formenvielfalt (DRV 2009).

Gegenstand der folgenden Darstellung sind die „außerbetriebliche Umschulung“ in Berufsförderungswerken (BFWs), die „innerbetriebliche Umschulung“ nach dem dualen System und ca. 10monatige „Anpassungsqualifizierungen“. Eine unter Förderung der Deutschen Rentenversicherung durchgeführte Studie (2003-2007) ermöglichte eine differenzierte Untersuchung der Prozessqualität solcher Bildungsmaßnahmen und des Umfangs der Zielerreichung im Sinne der Quantität, Qualität und Stabilität der beruflichen Wiedereingliederung der Rehabilitanden (Slesina & Rennert 2009).

## 2. Methode

Die Studie bezog Rehabilitanden aus drei Berufsförderungswerken und vier freien Bildungsträgern ein. Es handelte sich um eine regionale, keine für die Bundesrepublik repräsentative Auswahl rehabilitierender Bildungseinrichtungen.

Die Datengewinnung erfolgte durch Rehabilitandenbefragungen zu 4 (bei Anpassungsqualifizierungen) oder 5 (bei Umschulungen) Erhebungszeitpunkten: T1=Maßnahmebeginn, T4/T5=ein Jahr nach Ende der Maßnahme, wobei sich in allen drei Bildungsmaßnahmen ca. 61% bis 64% der Maßnahme-Absolventen an der T4/T5-Befragung beteiligten.

### 3. Ergebnisse

#### 3.1 Prozessqualität der Umschulung

Die Prozessqualität der zweijährigen außerbetrieblichen und innerbetrieblichen Umschulungen wurde sowohl von den Rehabilitanden der drei Berufsförderungswerke als auch von den Rehabilitanden der freien Bildungsträger ganz überwiegend positiv eingeschätzt. Für mehrere Aspekte der Prozessqualität fanden sich signifikante Unterschiede zwischen den Bildungseinrichtungen (Rennert & Slesina 2010). Einige, aber insgesamt nicht zahlreiche signifikante Zusammenhänge zeigten sich zwischen Merkmalen der Prozessqualität einerseits und der beruflichen Wiedereingliederung der Rehabilitanden ein Jahr nach Maßnahmeende andererseits. So war z.B. eine positive Beurteilung der Unterstützung durch die Einrichtung bei der Stellensuche positiv mit der beruflichen Wiedereingliederung verknüpft (innerbetriebliche Umschulung).

#### 3.2 Abbruch der Maßnahme

Die Quote der Teilnehmer, die die Maßnahme vorzeitig beendeten, betrug sowohl in der außerbetrieblichen als auch in der innerbetrieblichen Umschulung um 14%, wenn Rückstufungen von Rehabilitanden und Umsetzungen in einen anderen Berufskurs nicht berücksichtigt werden. Wesentlich höher war mit 33% die Quote der Abbrecher bei den Maßnahmen der beruflichen Anpassungsqualifizierung, wobei ein erheblicher Teil dieser Abbrecher (46,2%) aus der Qualifizierungsmaßnahme unmittelbar in eine Erwerbstätigkeit wechselte (s. Zängle 2002).

#### 3.3 Berufliche Wiedereingliederung

Der Darstellung über die berufliche Wiedereingliederung ist voranzustellen, dass die beruflichen Wiedereingliederungsquoten der Rehabilitanden der drei Bildungsmaßnahmen methodisch nicht miteinander vergleichbar sind, da

- es sich um keine zufallsgesteuerte, sondern um eine regionale Auswahl von Bildungseinrichtungen handelte,
- sich die Teilnehmerkreise der drei Bildungsmaßnahmen aufgrund sozialrechtlicher Zuweisungskriterien unterscheiden, wobei die Berufsförderungswerke für Rehabilitanden mit erhöhtem Hilfebedarf vorgesehen sind (§ 35 SGB IX) und die Teilnehmer der beruflichen Anpassungsqualifizierungen zuweisungsbedingt u.a. ein signifikant höheres Durchschnittsalter und signifikant schwächere Schulabschlüsse im Vergleich zu den Umschulungsteilnehmern aufweisen,
- sich die drei Teilnehmerkreise graduell auch in der Arbeitsmarktbeschaffenheit am Wohnort der Rehabilitanden unterscheiden.

Zum Zeitpunkt ein Jahr nach Ende der Umschulungsmaßnahme waren von den Absolventen der außerbetrieblichen Umschulung (BFWs) 55,2% in den ersten Arbeitsmarkt (ohne Minijobs) wiederingegliedert. Von den Absolventen der innerbetrieblichen Umschulung nach dem dualen System übten zu diesem Zeitpunkt ebenfalls 55,2% eine Erwerbstätigkeit aus (siehe Tabelle 1).

Innerhalb des einjährigen Zeitraums nach der Umschulung waren von den Absolventen der beiden Maßnahmen 67,7% bzw. 66,7% zumindest zeitweilig im ersten Arbeitsmarkt erwerbstätig.

Im Vergleich dazu: Unmittelbar vor Beginn ihrer beruflichen Rehabilitation standen von den Absolventen der außerbetrieblichen Umschulung nur 21,7% und von jenen

der innerbetrieblichen Umschulung 23,2% in einem Beschäftigungsverhältnis.

Von den Absolventen der 10monatigen Anpassungsqualifizierungen waren zum Zeitpunkt ein Jahr nach Maßnahmeende 28,7% im ersten Arbeitsmarkt erwerbstätig (ohne Minijobs). Die Gruppe der Rehabilitanden, die die Maßnahme abgebrochen hatte (oft zwecks Aufnahme einer Erwerbstätigkeit), wies mit 36,2% sogar eine höhere berufliche Wiedereingliederungsquote auf (siehe Tabelle 1).

Im gesamten einjährigen Zeitraum nach Maßnahmeende haben insgesamt 35,2% der Absolventen zumindest vorübergehend eine Erwerbstätigkeit im ersten Arbeitsmarkt ausgeübt.

Im Vergleich dazu waren direkt vor Beginn der Anpassungsqualifizierung von den späteren Absolventen der Maßnahme 23,2% berufstätig.

**Tabelle 1:** Berufliche Eingliederung der Absolventen der Bildungsmaßnahmen in den ersten Arbeitsmarkt (Rohe Ziffern, wegen der unterschiedlichen sozialrechtlichen Zuweisungskriterien zu den Maßnahmen kein Vergleich zulässig)

	Außerbetriebliche Umschulung	Innerbetriebliche Umschulung	Anpassungsqualifizierung
erwerbstätig zum Zeitpunkt ein Jahr nach Maßnahme	55,2%	55,2%	28,7%
erwerbstätig im Zeitraum ein Jahr nach Maßnahme	67,7%	66,7%	35,2%
vor Maßnahmebeginn erwerbstätig	21,7%	23,2%	23,2%

### 3.4 Qualitative Aspekte der Erwerbstätigkeit

Die Erwerbstätigkeit der Rehabilitanden zum Zeitpunkt ein Jahr nach Ende der Maßnahme lässt sich nach einigen qualitativen Aspekten wie folgt beschreiben:

- Von den berufstätigen Absolventen der außerbetrieblichen Umschulung (BFWs) gaben 58,5% an, in einem unbefristeten Beschäftigungsverhältnis zu stehen. – In ihrem neu erlernten Beruf waren 61,4% beschäftigt, während die anderen in ihren ursprünglich erlernten Beruf zurückgekehrt waren (27,7%) oder eine ganz andere Tätigkeit ausübten (10,9%). – Das rehabegründende Leiden, das den Anlass für die Umschulung bildete, war nur für 1% der Probanden ein Problem bei ihrer jetzigen beruflichen Tätigkeit, aber für 42,9% „teilweise“.
- Von den erwerbstätigen Absolventen der innerbetrieblichen Umschulung arbeiteten nach eigener Angabe 59,4% in einem unbefristeten Beschäftigungsverhältnis. – Zwei Drittel der Erwerbstätigen waren in ihrem neu erlernten Umschulungsberuf tätig, die anderen übten ihren ursprünglich erlernten Beruf (9%) oder eine andere Tätigkeit aus (25%). – Das rehabegründende Leiden bildete für 7% der Erwerbstätigen in ihrer jetzigen Tätigkeit ein Problem und für weitere 34% „teilweise“.
- Teilnehmer der beruflichen Anpassungsqualifizierung, die zum Zeitpunkt ein Jahr nach Ende der Maßnahme erwerbstätig waren, standen zu 58% in einem unbefristeten Beschäftigungsverhältnis. – Knapp 70% übten eine ganz andere Berufstätigkeit aus als früher. – Für 21,2% bildete das rehabegründende Lei-

den, das Anlass für die Qualifizierungsmaßnahme war, bei ihrer jetzigen Arbeit ein Problem und für weitere 55,8% „teilweise“.

#### 4. Diskussion

Haben die Bildungsmaßnahmen relevante Ziele erreicht? Ein Jahr nach Beendigung der Bildungsmaßnahmen war ein höherer Prozentsatz der Rehabilitanden erwerbstätig als vor Maßnahmebeginn. Besonders groß ist diese Differenz (über 30 Prozentpunkte) bei den beiden Umschulungsformen und schwächer ausgeprägt bei der beruflichen Anpassungsqualifizierung.

Die meisten Absolventen befanden sich in einem unbefristeten Beschäftigungsverhältnis. Zumeist gingen sie einer umschulungsadäquaten Tätigkeit nach. Der relativ hohe Anteil von nicht-umschulungsadäquat beschäftigten Rehabilitanden hängt vermutlich mit den regionalen Arbeitsmarktgegebenheiten zusammen.

Besonderer Aufmerksamkeit bedarf der Umstand, dass ein beträchtlicher Anteil der beruflich wieder eingegliederten Rehabilitanden zwischen ihrer rehaauslösenden Erkrankung bzw. Behinderung und ihren derzeitigen Arbeitsbedingungen zumindest „teilweise“ ein Problem sah. Arbeitswissenschaftlichen Arbeitsanforderungs-Fähigkeits-Profilen kommt daher eine hohe Funktion vor und im Anschluss an berufliche Bildungsmaßnahmen für Rehabilitanden zu.

#### 5. Literatur

1. Deutsche Rentenversicherung Bund - DRV. 2009, Leistungen zur Teilhabe am Arbeitsleben (LTA). Rahmenkonzept der Deutschen Rentenversicherung. Berlin: DRV-Bund.
2. Slesina, W. & Rennert, D. 2009, Prozess- und Ergebnisqualität beruflicher Rehabilitationsmaßnahmen: Eine Evaluationsstudie zur beruflichen Umschulung und Anpassungsqualifizierung. Regensburg: S. Roderer Verlag.
3. Rennert, D. & Slesina, W. 2010, Indikatoren der Prozessqualität – Einrichtungsvergleich auf der Grundlage von Rehabilitandenurteilen. In: Deutsche Rentenversicherung Bund (Hrsg.), 19. Rehabilitationswissenschaftliches Kolloquium, DRV-Schriften, im Druck.
4. Zängle, M. 2002, Zur Abschottung der Teilnehmer in Maßnahmen geförderter beruflicher Weiterbildung, MittAB, 35, 325-370.

Die Studie wurde gemeinsam vom Verein Regionale Rehabilitationsforschung in Mecklenburg-Vorpommern und Sachsen-Anhalt e.V. sowie von der Deutschen Rentenversicherung Bund gefördert.



# Medizinisch Berufliche Rehabilitation: Konzept, Leistungsangebot und Outcome-Evaluation

Johannes KIESEL

*Bavaria-Klinik, Abteilung Medizinisch-Berufliche Rehabilitation,  
Solla 19 und 20, D-94078 Freyung*

**Kurzfassung:** Die Medizinisch-Berufliche Rehabilitation (MBR, Phase II) der Bavaria Klinik Freyung hat zum Ziel, Patienten mit einer schweren neurologischen oder orthopädischen Erkrankung bzw. nach schweren Unfällen im Anschluss an die Akutbehandlung und evtl. erfolgte fachspezifische Rehabilitation der Phase I wieder in den Arbeitsprozess zu integrieren. Neben medizinischen Maßnahmen, die im Laufe der MBR an Umfang abnehmen, werden u. a. Maßnahmen der Belastungserprobung und der Arbeitstherapie, anfangs 4 h/d, dann sukzessive bis 8 h/d steigend durchgeführt. Hierfür stehen verschiedene Lehrwerkstätten und ein Modellbüro zur Verfügung. Wesentliche beteiligte Berufsgruppen sind u. a. Arbeitsmediziner, Berufspädagogen, Ergonomen sowie (Neuro)Psychologen. Falls eine Wiedereingliederung an den bisherigen Arbeitsplatz nicht mehr möglich ist, werden entsprechende berufliche Alternativen unter Beteiligung externer Partner (z. B. Vertreter der Leistungsträger und Arbeitgeber) thematisiert und erprobt. Eine telefonische Nachbefragung bei n = 96 Rehabilitanden, die in der Zeit von 2/2000 bis 9/2004 behandelt worden waren, ergab eine hohe Zufriedenheit der Patienten mit der MBR-Maßnahme. Die meisten während der MBR erarbeiteten medizinischen und berufsorientierten Empfehlungen wurden danach umgesetzt. Bei der Entlassung erreichten 56% der Patienten eine vollschichtige Leistungsfähigkeit auf dem allgemeinen Arbeitsmarkt, etwa 23% der Patienten eine vollschichtige Leistungsfähigkeit für die zuletzt ausgeübte Tätigkeit. 34% der Patienten waren zum Entlassungszeitpunkt arbeitsfähig, bei 16% der Patienten wurde eine stufenweise Wiedereingliederung empfohlen. Bei der telefonischen Nachbefragung waren 43,6% der Patienten arbeitsfähig.

**Schlüsselwörter:** Arbeitstherapie, Belastungserprobung, Berufsfeldfindung, berufliche Wiedereingliederung.

## 1. Einleitung

Bei der Medizinisch Beruflichen Rehabilitation (Schriftenreihe der BAG MBR) der Bavaria-Klinik in Freyung werden in Abhängigkeit des Erkrankungsbildes neben medizinisch rehabilitativen (z. B. Physiotherapie, MTT-Training, physikalische Therapie, Massagetechniken, spezielle Anwendungen wie Logopädie oder Gesichtsfeldtraining) und (neuro)psychologischen Maßnahmen (z. B. kognitives Training) im Anschluss an eine Arbeitsplatzanalyse (Landau et al. 2007) auch arbeitsmedizinisch und berufspädagogisch geleitete Anwendungen (z. B. Belastungserprobung, Arbeitstherapie, Berufsfeldfindung, Arbeitserprobung) in entsprechenden Lehrwerkstätten u. a. für die Berufsfelder Metall, Holz, Elektro, Bau sowie in einem Modellbüro und an

Modellarbeitsplätzen durchgeführt. Dieses Vorgehen dient der geeigneten langfristig erfolgreichen beruflichen Wiedereingliederung von Patienten, die durch eine schwere akute oder chronische Erkrankung für einen längeren Zeitraum arbeitsunfähig geworden sind. Die Dauer der Maßnahme richtet sich nach dem vorliegenden Erkrankungsbild. Die MBR ist gekennzeichnet durch einen zeitlich abnehmenden Umfang der medizinischen Maßnahmen bei gleichzeitig bis zur Vollsichtigkeit zunehmendem Anteil an Arbeitseinsätzen in den Lehrwerkstätten bzw. im Modellbüro. Im Rahmen der Arbeitstherapie sollen die Rehabilitanden dabei wieder berufliche Schlüsselqualifikationen erwerben. Die Belastungserprobung dient der exakten Bestimmung der berufsrelevanten motorischen, sensorischen und psychologischen Leistungsfähigkeit. Im Rahmen der Berufsfeldfindung und Arbeitserprobung, z. B. auch in externen Kooperationsbetrieben, werden konkrete vom Berufspädagogen vorgegebene Arbeitsaufträge bearbeitet und mögliche alternative Berufsfelder definiert, sofern die zuletzt ausgeübte Tätigkeit nicht mehr dem Leistungsvermögen des Rehabilitanden entspricht.

## 2. Methode

In der Bavaria-Klinik Freyung wird die MBR seit 1999 durchgeführt. Im Zeitraum vom 15. 2. 2000 bis 1. 9. 2004 wurden in der Abteilung Medizinisch-Berufliche Rehabilitation  $n = 151$  Patienten (12 Frauen, 139 Männer, Durchschnittsalter  $32,8 \pm 10,2$  Jahre) mit neurologischen oder orthopädischen Diagnosen (Zeitdauer seit dem Akutereignis bei Aufnahme  $10,8 \pm 5,8$  Monate) betreut. Im Rahmen der Nachbetreuung wurden in der Zeit Mai bis August 2005  $n = 96$  dieser Patienten (8 Frauen, 88 Männer, Durchschnittsalter  $36,5 \pm 9,9$  Jahre) telefonisch kontaktiert und nach einem standardisierten Erhebungsbogen bezüglich der poststationären durchgeführten medizinischen und berufsorientierten Maßnahmen sowie des weiteren beruflichen Werdgangs exploriert. Lediglich 2 Patienten lehnten die Teilnahme an der Telefonbefragung ab. Eine Übersicht über die statistischen Ausgangswerte gibt Tabelle 1 wieder.

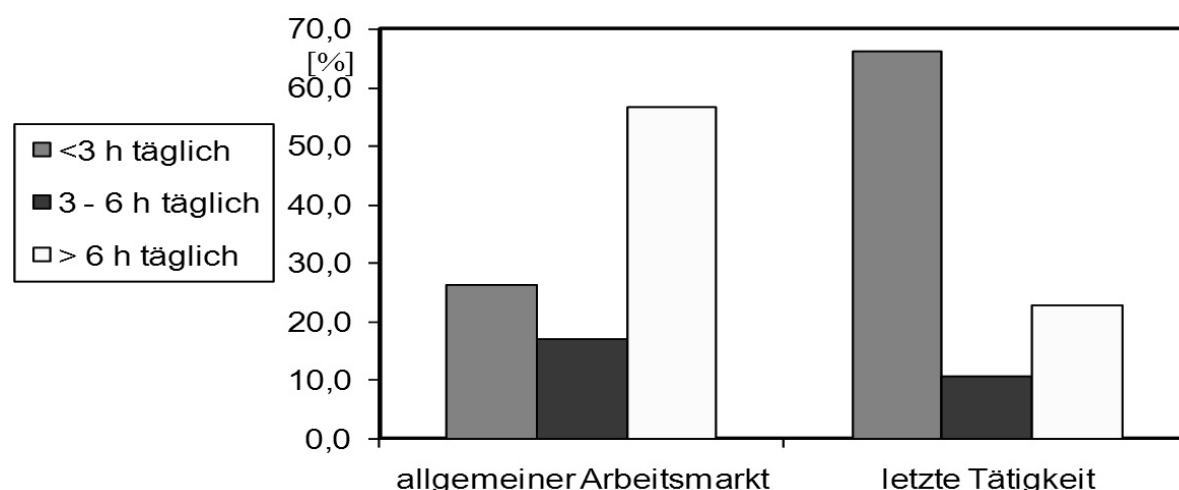
## 3. Ergebnisse

Die während der durchschnittlich 15- bis 16-wöchigen MBR-Maßnahme erarbeiteten und empfohlenen weiteren medizinischen Empfehlungen wurden - von Rehabilitationssport abgesehen - im weiteren Verlauf nach der Medizinisch Beruflichen Rehabilitation weitgehend durchgeführt. Im Sinne von Leistungen zur Teilhabe am Arbeitsleben wurden Umschulung (bei etwa 5 % der Patienten), Eingliederungshilfen für den Arbeitgeber (9,6% der Patienten), Arbeitsplatzausstattung (10,6% der Patienten), Unterstützung bei der innerbetrieblichen Umsetzung (16% der Patienten) und sonstige weiterqualifizierende Maßnahmen (bei ca. 21% der Patienten) angeraten. Nach Aussage der Patienten wurden diese Empfehlungen ebenfalls überwiegend realisiert.

Am Ende der MBR-Maßnahme erreichten 56% der Patienten eine vollschichtige Leistungsfähigkeit auf dem allgemeinen Arbeitsmarkt, etwa 23% der Patienten eine vollschichtige Leistungsfähigkeit für die zuletzt ausgeübte Tätigkeit (vgl. Abbildung 1).

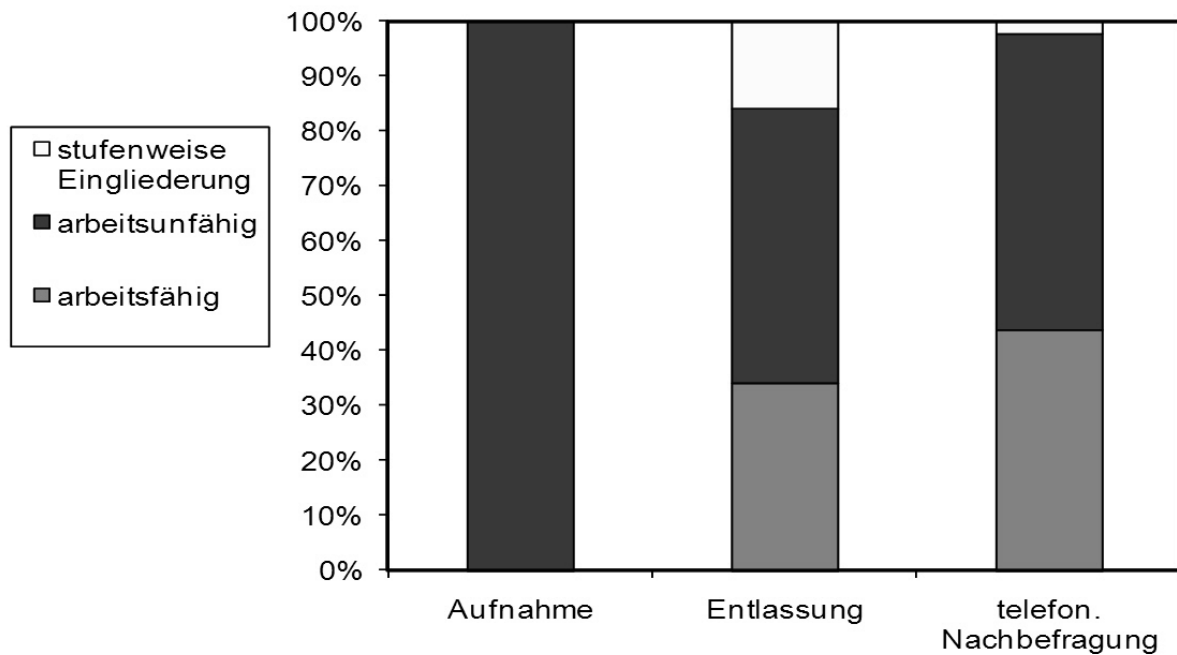
**Tabelle 1:** Übersicht über das in der Klinik betreute und das 2005 nachbefragte Patientenkollektiv

	Betreute Patienten im Zeitraum 15. 2. 2000 bis 1. 9. 2004	Telefonisch in der Zeit 6 bis 9/ 2005 nachbefragtes Kollektiv
Anzahl	N = 151	N = 94
Frauen : Männer	12 : 139 (7,9 : 92,1%)	8 : 86 (8,5 : 91,5%)
Alter	32,8 ± 10,2 Jahre	36,5 ± 9,9 Jahre
Zeitdauer seit dem Ereignis	10,8 ± 5,8 Monate (Aufnahme)	35,8 ± 6,5 Monate
Neurol. : aussch. orthopäd. Patienten	138 : 13 (91,4 : 8,6%)	91 : 3 (96,8 : 3,2%)
Zeitdauer der MBR-Maßnahme	16,5 ± 4,2 Wochen	15,9 ± 5,3 Wochen
Zeitpunkt der Telefonbefragung nach Entlassung		23,5 ± 10,2 Monate

**Abbildung 1:** Einschätzung der Leistungsfähigkeit zum Entlassungszeitpunkt

Es konnten 34% der Patienten arbeitsfähig entlassen werden, bei 16% der Patienten wurde eine stufenweise Wiedereingliederung empfohlen. Bei der telefonischen Nachbefragung waren 43,6% der Patienten arbeitsfähig (vgl. Abbildung 2).

Bei dem Telefoninterview waren 60,6 % der Patienten auf dem allgemeinen Arbeitsmarkt vollschichtig erwerbsfähig und 13,8% arbeitslos. Vor der Erkrankung übten 50 % der Patienten eine körperlich schwere Tätigkeit aus, bei der telefonischen Nachbefragung lediglich noch 12,8% der Patienten. Von diesem Rückgang waren insbesondere Patienten mit Berufen aus dem Baugewerbe betroffen, möglicherweise weil hier zu den häufig schweren körperlichen Arbeiten zusätzliche Belastungen beispielsweise durch Witterungsexposition, Gehen auf unbefestigtem Gelände oder durch absturzgefährdende Tätigkeiten hinzukommen. Umgekehrt stieg der Anteil der Patienten mit einer leichten, eher sitzenden Tätigkeit von 23,4% auf 34,0% an. Von den erwerbstätigen Patienten arbeiteten ca. 64% beim gleichen Arbeitgeber wie vor der Erkrankung, zum Teil nach innerbetrieblicher Umsetzung.



**Abbildung 2:** Arbeitsfähigkeit zum Zeitpunkt der Aufnahme, der Entlassung und der Nachbefragung

#### 4. Diskussion

Zusammenfassend berichtete die Mehrzahl der Patienten bei der telefonischen Nachbefragung subjektiv, mit dem MBR-Heilverfahren auch retrospektiv sehr zufrieden gewesen zu sein und betonte dessen Relevanz für die anschließende berufliche Wiedereingliederung. Der überwiegende Anteil der medizinischen und berufsorientierten Empfehlungen habe zwischenzeitlich umgesetzt werden können und sei für die berufliche Wiedereingliederung bedeutsam gewesen. Der Anteil der Patienten, die im Rahmen der MBR eine vollschichtige Leistungsfähigkeit erreicht hatten (56%), war zum Nachbefragungszeitpunkt durchschnittlich etwa 2 Jahre nach der MBR etwa gleich hoch (60,6%). Im Rahmen der Telefonexplorationen ergaben sich jedoch bei zahlreichen ehemaligen Patienten Rückfragen zu medizinischen oder ergonomischen Problemen am Arbeitsplatz oder zu Themen bezüglich der Leistungsbewilligung durch die Sozialleistungsträger, was als Hinweis auf die hohe Bedeutung einer regelmäßigen Nachbetreuung gewertet werden kann.

#### 5. Literatur

1. Landau, K., Brauchler, R., Meschke, H., Weißert-Horn, M., Kiesel, J., Knörzer, J. & Rascher, M. 2007, Arbeitsanalyse in der berufsorientierten Rehabilitation. In: E. Schäfer, M. Buch, I. Pahls & J. Pfitzmann (Hrsg.), *Arbeitsleben!*. Kassel: Kassel University Press, S. 59-81.
2. Schriftenreihe der Bundesarbeitsgemeinschaft medizinisch-beruflicher Rehabilitationszentren, Hefte 1 bis 11. Im Internet verfügbar unter: <http://www.mbreha.de/>

## Belastungskataster der medizinisch-berufsorientierten Rehabilitation im Vergleich mit dem DGB-Index

Regina BRAUCHLER<sup>1</sup>, Kurt LANDAU<sup>3</sup>, Angelika PRESL<sup>2</sup> und Johannes KIESEL<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Ergonomia, Julius-Hölder-Str. 29A, D-70597 Stuttgart*

<sup>2</sup> *Bavaria Klinik, Solla 19-20, D- 94078 Freyung*

<sup>3</sup> *Institut für Organisation und Arbeitsgestaltung, Lechnerschaft 110, A 9872 Millstatt*

**Kurzfassung:** Für zwei Belastungsdimensionen des DGB-Index „Gute Arbeit“ und des Bavaria Rehabilitanden Assessments BRA wird ein exemplarischer Datenvergleich auch im Hinblick auf deren Verwendbarkeit zur Bewertung von Gesundheitsrisiken vorgenommen. Die mit Einschränkung berufsspezifisch vergleichbaren Belastungsdimensionen des DGB-Index einseitige körperliche Belastungen und schwere körperliche Arbeit werden den aggregierten BRA Belastungsdimensionen Körperhaltungen, -bewegungen und Belastungen durch Lastenmanipulationen sowie des Hand-Arm-Systems gegenübergestellt.

**Schlüsselwörter:** Belastung, DGB-Index, BRA.

### 1. Fragestellung

Die medizinisch-berufsorientierte Rehabilitation (MBO) ist angeordnet zwischen der rein medizinischen Rehabilitation, wie sie in herkömmlichen Rehabilitationskliniken erbracht wird und der beruflichen Rehabilitation, wie sie vor allem von Berufsförderungs- und Berufsbildungswerken erbracht wird (Knörzer 2009).

Um Diskrepanzen zwischen berufsseitigen Anforderungen und noch vorhandenen Fähigkeiten aufzudecken, kommt als übergreifendes, sozialmedizinisches Assessment das BRA Rehabilitanden Assessment zur Anwendung. Erfasst werden alle berufsrelevanten Dimensionen (Ausbildung, Arbeitsorganisation, Umgebungseinwirkungen, Arbeitsschuttmittel, Hantieren von Lasten, Körperhaltungen und -bewegungen, Finger-Hand-Arm-Funktionen, psychomentele Faktoren, psychosoziale Belastungen). Für das BRA liegen aus verschiedenen Kliniken fast 10 000 Anforderungs-/ Fähigkeitsdatensätze vor, die auch für branchen-, berufs-, oder altersbezogene Belastungsanalysen verwendet werden können. Weiterhin sind Ergebnisvergleiche mit anderen Assessment-Verfahren möglich, z.B. mit dem DGB-Index „Gute Arbeit“. Dieser Index, der zu sehr viel Aufmerksamkeit bei den Sozialpartnern und auch in der Arbeitswissenschaft geführt hat, misst Arbeitsqualität einmal jährlich bundesweit, differenziert nach Arbeitsdimensionen (DGB-Index Gute Arbeit 2009). In der folgenden Studie werden zwei Leitfragen verfolgt:

- Können berufsspezifische Belastungsfaktoren physischer Anforderungen miteinander verglichen werden, wenn einerseits arbeitsmedizinisch objektivierte BRA -Belastungskatasterdaten und andererseits subjektive Mitarbeiterangaben aus der DGB-Index-Befragung herangezogen werden?
- Welche Schlussfolgerungen ergeben sich aus diesem Datenvergleich für die Prognose und mögliche frühzeitige Vermeidung von Gesundheitsrisiken im Arbeitsleben?

## 2. Methodik

Zur Erhebungs- und Auswertungsmethodik des BRA wird auf Brauchler et al. (2004) sowie Knörzer (2007, 2009) verwiesen. Die Methodik des DGB-Index Gute Arbeit wird bei Stuth (2007) beschrieben. Der DGB-Index weist die zwei körperlichen Belastungsfaktoren einseitige körperliche Belastung und schwere körperliche Arbeit (Heben, Tragen) aus. Diese beiden Faktoren werden im Folgenden den aggregierten BRA -Belastungsgruppen

- Körperhaltungen und -bewegungen (wie z.B. Stehen, Knien, Hocken, Kriechen)
- Lastenmanipulationen (wie z.B. Ziehen/Drücken, Tragen, Heben) und Hand-Arm-System (wie z.B. Handkraft, Umwendbewegungen) gegenüber gestellt.

Der DGB-Index differenziert drei Belastungsstufen mit Beanspruchung. Diese drei DGB-Stufen werden den oberen drei BRA -Skalenstufen direkt gegenübergestellt. Die DGB-Abstufung lautet <sehr stark>, <stark> und >mäßig>. Zudem differenziert der DGB-Index weitere Belastungsstufen, die bei den Arbeitnehmern nicht zu Beanspruchungen führen. Dieser Stufe wird die unterste der BRA -Skalenstufen <geringfügige Belastung> gegenüber gestellt.

## 3. Untersuchungsgut

Aus den 19779 gültigen DGB-Index Fällen der „Guten Arbeit“ aus den Jahren 2007 bis 2009 werden die Berufsgruppen Bau- und Baunebenberufe (44-51,18), Maschinen- und Fahrzeugbauer/in (27-28), Lagerberufe (74), Warenprüfer, Versandfertigmacher (52), Verwaltung-, Büroberufe (78) im privaten Dienstleistungsbereich und Gesundheitsdienstberufe (84-85, 90) aus Gründen der Vergleichbarkeit mit der BRA-Datenbank ausgewählt. Auf die unterschiedliche Altersverteilung der beiden Kollektive sei hingewiesen. Für den Vergleich werden 2084 BRA -Datensätze orthopädischer Rehabilitanden aus denselben Berufsgruppen herangezogen. Beide Kollektive sind mit den Berufsklassifikationen des Statistischen Bundesamtes versehen, so dass eine einwandfreie Zuordnung vergleichbarer Berufsgruppen sicher gestellt ist.

Es sei ausdrücklich vermerkt, dass es sich bei der BRA-Datenbank (Landau et al. 2007) um Tätigkeitsanforderungen und Fähigkeiten bereits geschädigter Personen handelt. Vergleiche mit einer, außerhalb der Rehabilitationsklinik gezogenen Stichprobe (DGB-Kollektiv) sind daher unter gebotener Vorsicht zu interpretieren.

## 4. Ergebnisse

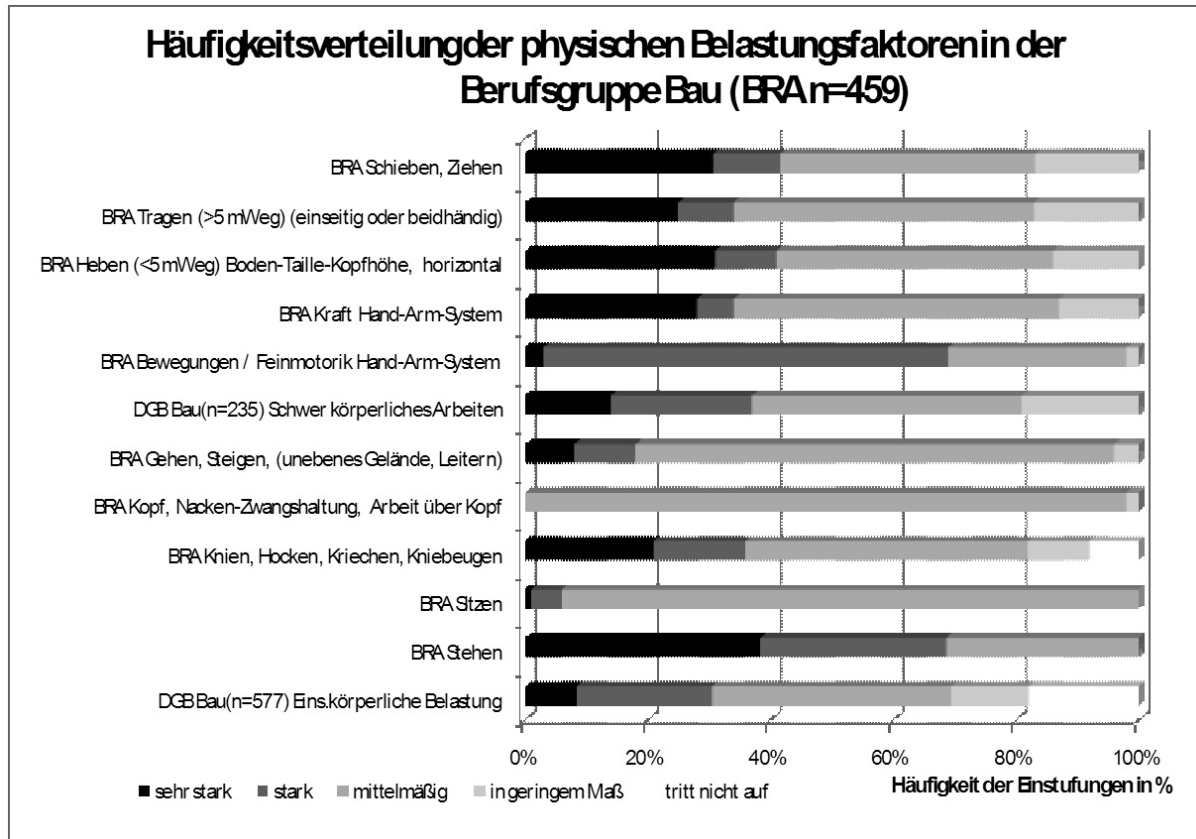
Die Häufigkeitsverteilung der DGB-Indexwerte für einseitige (n=577) und schwere körperliche (n=235) Belastung der Berufsgruppe Bau wird exemplarisch im Vergleich zu jeweils fünf BRA -Belastungen für je 459 Probanden der Berufsgruppe Bau dargestellt (vgl. Abbildung 1). Die Häufigkeitsverteilung für die BRA-Belastung durch Stehen (zweiter Balken von unten) zeigt für 65 % der Bauarbeiter sehr starke und starke Belastungen durch Stehen mit und ohne Rotation auf. Die Stufe [5] sehr stark (schwarz), die im BRA über 90 % der Arbeitszeit entspricht, trifft für 37 % der untersuchten 459 Probanden zu. Weitere 24 % der Bau-Probanden stehen über 50 % der Arbeitszeit (entspricht Stufe [4] stark (dunkelgrau)). Das restliche Drittel der Bau-Probanden steht unter 50 % der Arbeitszeit (entspricht Stufe [3], restlicher Balken



Stehen). Bau-Probanden mit geringeren Arbeitszeitanteilen im Stehen treten im BRA-Kollektiv nicht auf.

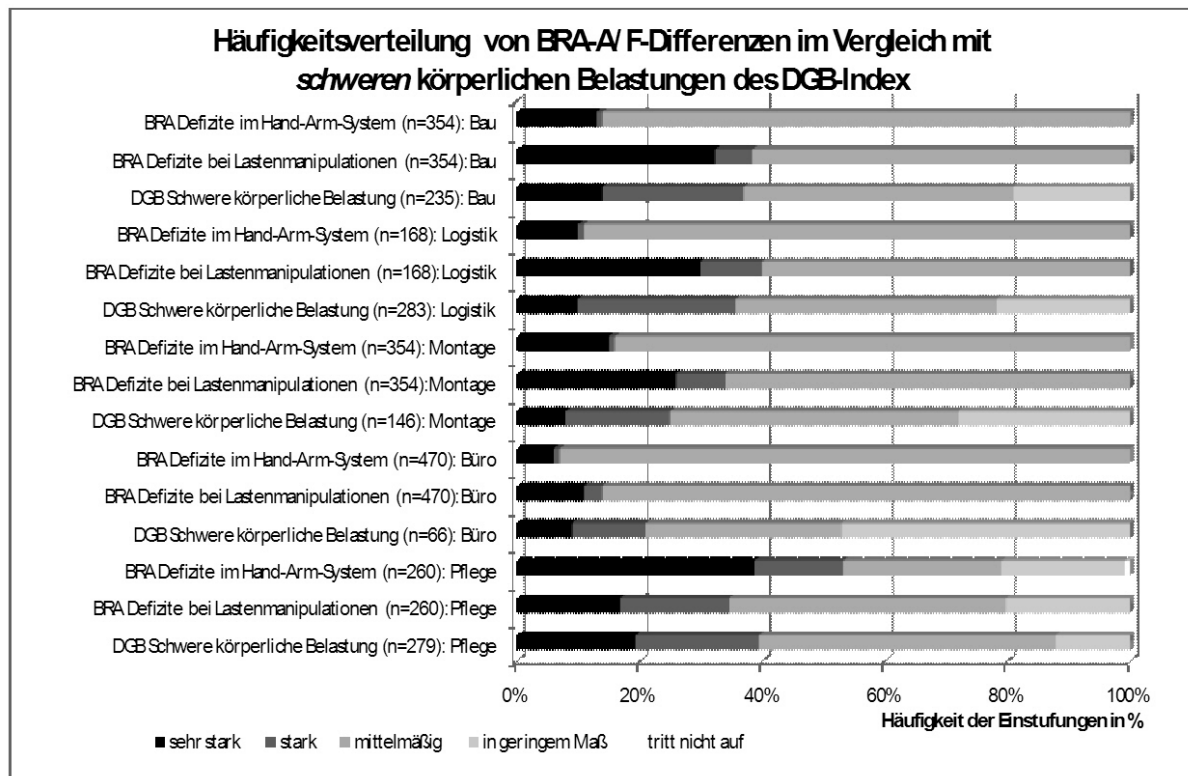
Der Vergleich zu den DGB-Werten zeigt sowohl für einseitige als auch für schwere körperliche Belastungen in der oberen Bildhälfte höhere Anforderungsstufen im BRA-Kollektiv als im DGB-Index auf.

Sehr ähnlich fallen die Vergleiche mit den Belastungsintensitäten der anderen untersuchten Berufsgruppen aus (Brauchler et al. i.V.).



**Abbildung 1:** Häufigkeitsverteilung von jeweils fünf BRA -Belastungen für je 459 Probanden der Berufsgruppe Bau im Vergleich zu den zwei DGB-Indexwerten für einseitige (n=577) und schwere körperliche (n=235) Belastung der Berufsgruppe Bau

Im Hinblick auf die Beschäftigungsfähigkeit haben die BRA -Differenzen aus Fähigkeiten und Anforderungen mehr Aussagekraft. Abbildung 2 zeigt für alle untersuchten Berufsgruppen die BRA -Differenzen für jeweils zwei BRA -Belastungsdimensionen im Vergleich zu den DGB-Indexwerten. In diesem Vergleich werden der DGB-Skalenstufe <sehr stark> BRA-Probanden mit eindeutigen Fähigkeitsdefiziten, also Negativwerten ab einer Differenz von [-2] zwischen Fähigkeit und Anforderung gegenübergestellt (schwarz). Der DGB-Skalenstufe <stark> stehen Probanden gegenüber, deren Differenz [-1] zwischen Fähigkeit und Anforderung beträgt (dunkelgrau) und der Skalenstufe <mäßig> werden BRA-Probanden gleich gestellt, deren Fähigkeiten mindestens noch ausreichen, die Anforderungen am Arbeitsplatz zu erfüllen. Die Anforderungs-Fähigkeits-Defizite im BRA-Kollektiv sind sowohl bei den schweren als auch den einseitigen körperlichen Belastungen höher als die entsprechenden Personenanteile des DGB-Index (vgl. Abbildung 2).



**Abbildung 2:** Häufigkeitsverteilung von je zwei BRA -Dimensionen mit Fähigkeits-Anforderungs-Differenzen bzgl. Lastenmanipulation und im Hand-Arm-System im Vergleich zu den DGB-Indexwerte für schwere körperliche Belastungen ausgewählter Berufsgruppen

## 5. Diskussion

Der Datenabgleich für ausgewählte Berufsgruppen zeigt tendenziell ähnliche berufsspezifische Belastungen auf, womit die vom DGB-Index abgeleitete Prognose-Aussage bezüglich der Infragestellung einer Berufsausübung bis ins Rentenalter durch den Vergleich mit medizinisch fundierten Daten bestärkt wird. Diese Einschätzungen werden durch die tatsächlichen Anteile an den Erwerbsminderungsrenten an allen Rentenzugängen für die Gesundheitsdienstberufe sowie die Bau- und Baunebenberufe und auch für die Verwaltungs- und Büroberufe bestätigt.

Dennoch ergibt die summarische Betrachtung der beiden körperlichen DGB-Index-Belastungsdimensionen ohne Differenzierung einzelner Belastungsfaktoren wie z.B. Stehen, Sitzen, Knien und Nacken-Zwangshaltung keine Anhaltspunkte für Arbeitsgestaltung und Prävention wie sie das BRA-Belastungsprofil ausweist.

Zudem weisen die subjektiven Aussagen der Mitarbeiter im DGB-Index deutlich geringere Belastungswerte auf, als die arbeitsmedizinisch festgestellten, berufsspezifischen Anforderungsintensitäten im Belastungskataster der medizinisch-berufsorientierten Rehabilitation. Die Arbeitnehmer geben subjektiv für den DGB-Index "Gute Arbeit" prinzipiell seltener die höchste körperliche Belastungsstufe an.

Trotz eines beachtlichen Stichprobenumfangs kann es zu zahlreichen Verzerrungen kommen. Selektionseffekte (Healthy worker Effekte und Schädigungseffekte) sind ebenso zu beachten wie Qualifikationseffekte.

## 6. Literatur

1. Brauchler, R., Bopp, V., Landau, K. Presl, R., Stern, H. & Knörzer, J. 2004, Berufsorientierter Anforderungs-, Fähigkeitsabgleich mit dem Bavaria-Assessment – erste Ergebnisse einer Evaluierung, Arbeitsmedizin, Sozialmedizin, Umweltmedizin, Heft 04.
2. Knörzer, J. 2009, Medizinisch berufsorientierte Rehabilitation – MBO. In: K. Landau & G. Pressel (Hrsg.), Handbuch der Belastungen und Gefährdungen, 2. überarbeitete Auflage. Stuttgart: Gentner Verlag.
3. Knörzer, J. 2007, Medizinisch-berufsorientierte Rehabilitation (MBO). In: K. Landau (Hrsg.), Lexikon Arbeitsgestaltung. Stuttgart: Gentner Verlag.
4. Landau, K., Brauchler, R., Mescke H., Weissert-Horn, M., Kiesel, J., Knörzer, J. & Rascher, M. 2007, Arbeitsanalyse in der berufsorientierten Rehabilitation. In: E. Schäfer, M. Buch, I. Pahls & J. Pfitzmann (Hrsg.), Arbeitsleben! Arbeitsanalyse, Kompetenzentwicklung, Kassler Personalschriften 6. Kassel: Univ. Press, S. 59 – 81.
5. Stuth, R. 2007, Methodik des DGB-Index Gute Arbeit und Berichte aus dem Jahr 2007, CD-ROM. Berlin: DGB Index Gute Arbeit GmbH.



## Muskel-Skeletterkrankungen im Spiegel physischer Belastungsfaktoren

Kurt LANDAU<sup>1</sup>, Angelika PRESL<sup>2</sup>, Johannes KIESEL<sup>2</sup>, Regina BRAUCHLER<sup>3</sup> und  
Marianela DIAZ MEYER<sup>3</sup>

<sup>1</sup> *Institut für Organisation und Arbeitsgestaltung, Lechnerschaft 110, A 9872 Millstatt*

<sup>2</sup> *Klinik Bavaria, Solla 19-20, D 94078 Freyung*

<sup>3</sup> *Ergonomia, Julius-Hölder-Str. 29a, D 70594 Stuttgart*

**Kurzfassung:** Physische Belastungsfaktoren von 3963 Patienten einer Rehabilitationsklinik wurden mit dem Bavaria-Rehabilitanden-Assessment (BRA) untersucht und den sechs häufigsten Muskel-Skeletterkrankungen gegenübergestellt. 47 der Belastungs-/Erkrankungs-Assoziationen waren signifikant.

**Schlüsselwörter:** Muskel-Skeletterkrankungen, Physische Belastung, medizinisch-berufsorientierte Rehabilitation (MBO®).

### 1. Einleitung

Erkrankungen des Stütz- und Bewegungsapparates stehen in allen Industriestaaten an vorderer Stelle in den Krankheitsstatistiken. Dies betrifft sowohl die Erkrankungshäufigkeit als auch die Erkrankungsdauer. Je nach Berufsgruppe, Region, Versicherungsträger usw. entfallen über 1/5 aller Krankheitstage auf Krankheiten des Muskel-Skelett-Systems und des Bindegewebes (Barmer 2008; Europäische Kommission 2009). In den letzten Jahren wachsen die durch Muskel-Skeletterkrankungen verursachten Fehlzeiten um etwa 10 Prozent jährlich an (Barmer 2008), die Zahl chronisch Rückenkranker steigt mit dem Alter sprunghaft. Zur Ursachenforschung muskulo-skelettaler Erkrankungen liegt eine Vielzahl von Publikationen vor – allerdings sind es häufig recht unspezifische Berufs- und Tätigkeitsangaben, die nur bedingt epidemiologischen Ansprüchen genügen (vgl. dazu z.B. die Synopse von Kourinka & Forcier 1995). Muskel-Skelett-Erkrankungen sind ein multifaktorielles Phänomen, bei dem psycho-soziale Ursachen eine bedeutsame Rolle spielen können. Nur wenig Datenmaterial liegt über Patienten der medizinisch-berufsorientierten Rehabilitation vor, die sich wegen muskulo-skelettaler Beschwerden einer Rehabilitationsmaßnahme unterziehen. Diese Studie befasst sich mit den physischen Belastungsfaktoren von 3963 Patienten einer Rehabilitationsklinik. Die berufliche Belastung wurde mit einem arbeitswissenschaftlichen Assessmentinstrument durch Arbeitsmediziner erhoben. Es wurde untersucht, inwieweit physische Belastungsfaktoren Prädiktoren muskulo-skelettaler Erkrankungen sein können.

### 2. Stand der Forschung

Eine Gegenstandsbestimmung arbeitsbezogener Muskel-Skeletterkrankungen wird von Hartmann & Spallek (2009) vorgenommen. Von Sjogaard & Fallentin (1996), Bernard (1997) sowie auch Natvig & Picavet (2002) liegen Übersichten zur Terminologie der epidemiologischen Interpretation und den pathophysiologischen Mechanismen vor. Der Einsatz eines Methodeninventars zur Analyse und Bewertung

beruflicher Belastungen sowie zu ihrer Beurteilung im Hinblick auf die Ätiopathogenese von Muskel-Skelett-Erkrankungen setzt aus arbeitswissenschaftlicher Sicht eine möglichst vollständige und systematische Belastungsanalyse der Tätigkeit voraus (siehe detailliert Landau et al. 1996). Oft werden jedoch die Arbeitsbedingungen nur grob durch eine Berufsklassifizierung beschrieben. Weitere Defizite sind die geringe Zahl der untersuchten Fälle, eine unzureichende Normierung und eine Begrenzung auf wenige Konfounder. Die folgende Studie prüft die folgende Hypothese: Bei bereits geschädigten Mitarbeitern (Patienten einer Rehabilitationsklinik) lassen sich für bestimmte muskulo-skelettale Erkrankungen ICD M.xxx Beziehungen zu physischen Belastungsfaktoren herstellen. Im Rahmen des hier nur begrenzt zur Verfügung stehenden Platzes wird lediglich zu der Prüfung physischer Belastungsfaktoren Stellung genommen.

### 3. Methodik

Die Studie begrenzt sich auf die Untersuchung folgender muskulo-skelettaler Erkrankungen, die in unserem Patientenkollektiv gehäuft auftreten (klassifiziert nach ICD-10-GM 2010): M17.-Arthrose des Kniegelenks, M50.-zervikale Bandscheibenschäden, M51.-sonstige Bandscheibenschäden, M53.-sonstige Krankheiten der Wirbelsäule und des Rückens, M54.-Rückenschmerzen, M75.-Schulterläsionen. Anforderungen des Arbeitsplatzes werden durch speziell trainierte Mediziner der Klinik mit dem Bavaria Rehabilitanden-Assessment (BRA) ordinal-skaliert erfasst (Landau et al. 2002). Die Daten werden mit Sechs-Felder-Tabellen ausgewertet. Die Evidenz wird anhand des Chi-Quadrat-Tests nach Pearson (asymptotische Signifikanz) geprüft. Es ist darauf hinzuweisen, dass die untersuchte Population einen Selektionsbias und Informationsbias aufweist. Da nur vorgeschädigte Probanden untersucht wurden, sind Rückschlüsse auf die Grundgesamtheit der Erwerbstätigen nicht zulässig. Die Verzerrung der Schätzwerte durch Konfounder wurde untersucht (Landau et al. In Vorbereitung). Die im Folgenden vorgelegte Diskussion der epidemiologischen Evidenz kann Kausalität zwischen Tätigkeitsanforderung bzw. Belastung und Erkrankung nicht belegen, sondern bestenfalls bei hohen Assoziationsmaßen vermuten.

### 4. Untersuchungsgut

Es wurde auf Material einer Querschnittsstudie zurückgegriffen, in der im Zeitraum 2006 bis 2008 Anforderungs-, Fähigkeits- und Gesundheitsdaten an 3963 Patienten einer Rehabilitationsklinik erhoben wurden. Zur Alters- und Geschlechtsverteilung dieser Stichprobe wird bei Brauchler et al (in diesem Band) Stellung genommen.

### 5. Ergebnisse

Tabelle 1 zeigt für die sechs häufigsten Erkrankungsarten die signifikanten Assoziationen ( $\alpha = 0,05$ ). Darüber hinaus sind schwach signifikante Ergebnisse als Klammerwert dargestellt. Als wichtige Ergebnisse sind festzuhalten: (1) Die für die Tätigkeit erforderliche Aus- und Weiterbildung ist gut mit Erkrankungen der Wirbelsäule und des Rückens assoziiert. Je niedriger die Qualifikation des Beschäftigten, umso höher ist das Risiko für Wirbelsäulen- und Rückenbeschwerden bzw. -erkrankungen.



**Tabelle 1:** Evidenznachweis zwischen Anforderungen bzw. Belastungen und den sechs wichtigsten muskulo-skelettalen Erkrankungen eines Reha-Patienten-Kollektivs (N=3963)

	<b>Art der Muskel-Skelett-Erkrankung</b> [Asymptotische Signifikanz (2-seitig)]					
	Arthrose des Knie- gelenks (M17.-)	Zervikale Bandschei- benbeschä- den (M50.-)	Sonstige Bandschei- benbeschä- den (M51.-)	Sonstige Krankh. Wirbelsäule + Rücken (M53.-)	Rückensch merzen (M54.-)	Schulterlä- sionen (M75.-)
n =	139	92	101	887	2125	100
<b>Anforderungen aus der Arbeitsorganisation:</b>						
Zeitdruck		0,009	0,017		0,016	
Schulabschluss				0,000	0,000	
Aufgabenverständnis				0,048		
Erford. Weiterbildung				0,042		
Zeittl. Arbeitsumfang					0,006	
Notwendige Erholungszeiten					(0,080)	
<b>Erforderliche Kräfte:</b>						
Erford. Handkraft, dominante Seite				0,000	0,002	
Erford. Handkraft, subdominante Seite				0,001	0,009	0,009
<b>Motorik:</b>						
Feinmotorik, domin. Hand			(0,056)			
<b>Lastenmanipulation:</b>						
Tragen, beidh., Kraft		0,040		0,032	0,014	
Ziehen, Drücken, Kraft, statisch		(0,083)		0,040	(0,069)	
Ziehen, Drücken, Kraft, dynamisch		(0,083)		0,030	0,024	
Ziehen, Drücken, Dauer			0,000			
Heben (Taille-Kopf; Kraft)				0,020		
<b>Körperhaltungen/-bewegungen:</b>						
Rotation im Sitzen		(0,061)				
Rotation im Stehen					0,026	
Arbeit über Kopf		0,004				
Kopf-/Nackenhaltung					(0,069)	
Aufrechtes Sitzen				0,047	0,012	
Stehen, vorgeneigt				(0,098)		
Kriechen				0,000	0,044	
Knien		0,006		0,000	0,010	
Hocken					(0,055)	
Gehen o. Erschw.					0,044	
Leiter steigen				0,002	0,004	
Treppen steigen					(0,075)	
Selbständiges Fahren				0,006	0,003	
Wiederholte Kniebeugen				(0,057)	0,034	

(2) Zwischen der Lastenmanipulation und Rückenerkrankungen besteht eine hohe Assoziation. (3) Erschwerte Körperhaltungen sind gut mit Rücken- und Wirbelsäulenbeschwerden bzw. -erkrankungen assoziiert. (4) Beim aufrechten Sitzen vermu-

ten wir keinen kausalen Zusammenhang, sondern eine Konfundierung mit sitzend ausgeführten Fahrtätigkeiten. (5) Höhere Handkräfte kovariieren mit Erkrankungen der Wirbelsäule und des Rückens sowie mit Schulterläsionen. (6) Für die häufig aufgetretene Arthrose des Kniegelenks konnte kein Evidenznachweis geführt werden.

## 6.Diskussion

Die Assoziation der Belastung durch Lastenhandhabung und Erkrankungen der Wirbelsäule bzw. des Rückens deckt sich mit zahlreichen Befunden der einschlägigen Literatur (vgl. z.B. Synopsen bei Bolm-Audorff 1993; Walker 2000; oder Landau et al. 1996). Die Abhängigkeit von beruflicher Qualifikation und muskulo-skelettalen Beschwerden ist konform zu den Ergebnissen von Schreuder et al. (2008) zu white collar und blue collar work. Dagegen konnte das Gonarthroserisiko, das der BK 2112 zugrunde liegt, in unseren Daten nicht festgestellt werden. Bei der Arbeitsplatzanalyse wird in der Regel Bezug genommen zu der zuletzt ausgeübten Tätigkeit. Dies schließt nicht aus, dass entsprechende Belastungen bei früheren Tätigkeiten vorlagen. Häufige Ursachen für eine Gonarthrose sind insbesondere Beifehlstellungen, frühere Traumata, Übergewicht. Diese Ursachen überspielen möglicherweise den beruflichen Ursachenanteil. Hier sind weitere Untersuchungen unseres Datensatzes erforderlich.

## 7.Literatur

1. Barmer Ersatzkasse (Hrsg.) 2008, Barmer Gesundheitsreport 2008. Wuppertal: Barmer Ersatzkasse.
2. Bernard, B.P. 1997, Musculoskeletal disorders and workplace factors. US Department of Health and Human Services. Cincinnati Public Health Services. Centre for Disease Control and Prevention. National Institute for Occupational Safety and Health.
3. Bolm-Audorff, U., 1993, Berufskrankheiten der Wirbelsäule durch Heben und Tragen schwerer Lasten. In: H. Dupuis (Hrsg.), Handbuch der Arbeitsmedizin. Landsberg: Ecomed.
4. Europäische Kommission 2009. Im Internet verfügbar unter: <http://ec.europa.eu/health>.
5. Hartmann, B. & Spallek, M. 2009, Arbeitsbezogene Muskel-Skelett-Erkrankungen. Eine Gegenstandsbestimmung. Arbeitsmedizin Sozialmedizin Umweltmedizin, 44, 423-436.
6. Internationale Klassifikation der Krankheiten ICD-10-GM, 2010. Köln: DIMDI.
7. Kuorinka, I. & Forcier, L. (Hrsg.) 1995, Work related musculoskeletal disorders (WMSDs). London: Taylor & Francis.
8. Landau, K., Knörzer, J., Brauchler, R., Bopp, V., Stern, H. & Presl, R. 2002, Berufsorientierter Anforderungs- und Fähigkeitsabgleich mit dem Bavaria-Rehabilitanden Assessment BRA.. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg.), Arbeitswissenschaft im Zeichen gesellschaftlicher Vielfalt. Dortmund: GfA-Press.
9. Landau, K., Rohmert, W., Imhof-Gildein, B., Mücke, S. & Brauchler, R. 1996, Risikoindikatoren für Wirbelsäulenerkrankungen. Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin.
10. Landau, K., Presl, A., Kiesel, J. & Brauchler, R. in Vorbereitung, Belastungsanalysedaten als Prädiktoren muskulo-skelettaler Erkrankungen.
11. Natvig, B. & Picavet, H.S.J. 2002, Epidemiology of soft tissue rheumatism, Clinical Rheumatology, 15, 777-793.
12. Schreuder, K.J., Roelena, C.A.M., Koopmans, P.C. & Groothoff, J.W. 2008, Job demands and health complaints in white and blue collar workers, Work, 31, 425-432.
13. Sjogaard, G. & Fallentin, N. 1996, Risk assessment for musculoskeletal disorders. Kopenhagen: Arbejdsmiljøinstituttet.
14. Walker, B.F. 2000, The prevalence of low back pain: a systematic review of the literature from 1966 to 1998, Journal of Spinal Disorders & Techniques, 13, 205-217.

# Wertschätzung und Dienstleistungsstolz aus der Sicht von Pflegekräften in somatischen und psychiatrischen Krankenhäusern

Peter KUHNERT, Barbara HINDING, Selda AKCA,  
Marion SPANOWSKI und Michael KASTNER

*Lehrstuhl Organisationspsychologie des Instituts für Psychologie,  
Technische Universität Dortmund, Emil-Figge-Str. 50, D-44227 Dortmund*

**Kurzfassung:** Der in den letzten Jahren vollzogene Abbau vieler Vollzeitstellen und geänderte Finanzierungsgrundlagen im Gesundheitswesen haben im Pflegebereich zu einer hohen Arbeitsverdichtung und Zunahme psychischer und physischer Belastungen geführt. Das vom BMBF geförderte Projekt ProWert („Produzentenstolz durch Wertschätzung“) untersucht in Krankenhäusern unterschiedlicher Trägerschaft wie auch ambulanten Einrichtungen, ob und wie diese negativen Folgen für Leistungsfähigkeit und Gesundheit der einzelnen Pflegekräfte durch Wertschätzung und Dienstleistungsstolz mit Hilfe von Interventionen (u. a. Emotionsmanagement) „abgefedert“ werden können. Erste Ergebnisse aus dem qualitativen Teil der Studie (Interviews, Expertengespräche) zeigen auf den einzelnen Stationen die hohe Bedeutung von Wertschätzungs- wie auch Entwertungsprozessen für die berufliche Motivation, Teamarbeit, Organisationsabläufe und Interaktionen zwischen den Beschäftigten und Führungskräften.

**Schlüsselwörter:** Wertschätzung, psychosoziale Arbeitsbelastung, Pflege, Dienstleistungsstolz.

## 1. Einleitung

Das Gesundheitswesen ist mit 4,4 Mio. Erwerbstätigen (11% aller Erwerbstätigen) in mehr als 800 Gesundheitsberufen bereits heute der „Arbeitgeber Nr. 1“ (Statistisches Bundesamt 2009). Dennoch wurden im Zeitraum von 1991-2007 43.000 Vollzeitstellen (13%) allein im stationären Pflegebereich gestrichen (Statistisches Bundesamt Deutschland 2009). Diese Entwicklungen führen – auch aufgrund des demographischen Wandels – zu einer erheblichen Arbeitsverdichtung für die eingesetzten Pflegekräfte. Die damit verbundene enorme Zunahme psychischer und physischer Belastungen zeigt sich in zahlreichen Studien u. a. durch

- deutliche Burnoutsymptome in Krankenhäusern bei einem Viertel der Pflegekräfte (Westermann-Binnewies 2004),
- ein relativ gesundheitsschädliches persönliches Bewältigungsverhalten von 59% der Pflegekräfte im Krankenhaus (Metz et al. 2006),
- eine im Vergleich zum Durchschnitt um 62% höhere Arbeitsunfähigkeit aufgrund psychischer Erkrankung,
- das Empfinden von geringer oder gar nicht vorhandener Mitsprache bei der Arbeitsgestaltung bei 67% der Pflegekräfte (Hasselhorn et al. 2005),
- nicht genügend Zeit für Gespräche mit Patienten/innen und ihren Angehörigen bei 80% der Pflegenden (Teusch & Schmitz 2009).

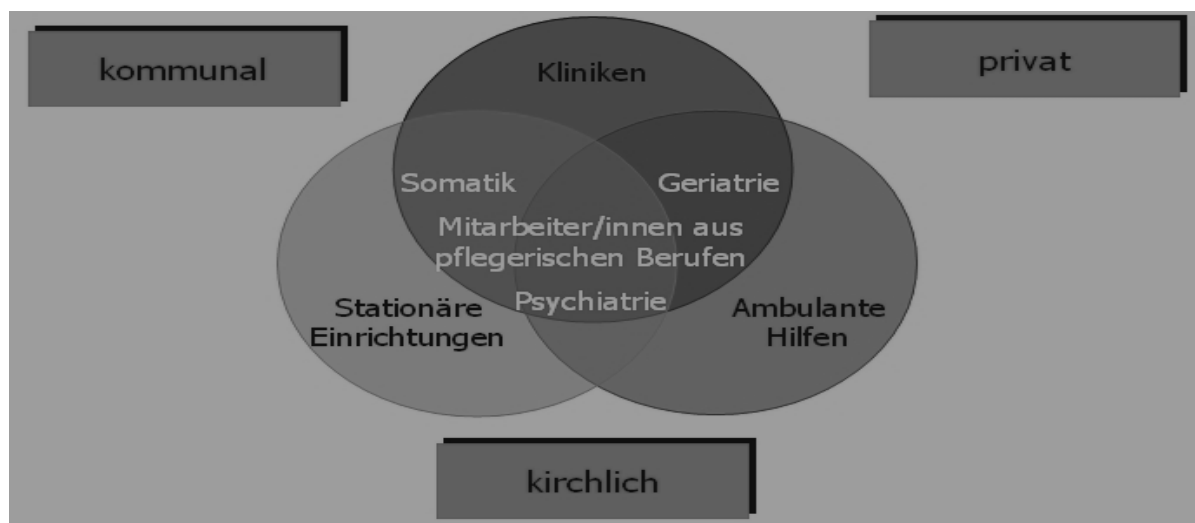
Immer mehr Patienten müssen mit weniger Personal versorgt werden, Zeitpuffer

schwinden, die Beschleunigung von Arbeitsabläufen steigt. Das Kerngeschäft, die Zuwendung zum Patienten, werden zum „zeitstehlenden Hindernis“ (Zwack & Schweitzer 2009) – vor allem auch deshalb, weil diese Aufgaben nicht refinanziert werden. Viele Pflegekräfte in Krankenhäusern haben inzwischen Angst ihre Arbeit nicht zu schaffen. Das Gehetztsein zeigt sich bis in die Körperhaltungen (Arnold 2009). Kritisch hinterfragt werden müssen auch die vielfachen Umstrukturierungen auf der Klinik- wie Stationsebene. Führungskräfte stellen dabei oftmals betriebswirtschaftliche Stabilisierungsinteressen vor eine (wertschätzende) Mitarbeiterorientierung (Schlechtriemen-Koß 2009).

## 2. Forschungsansatz und theoretischer Hintergrund

Die hier umrissene Problemlage wird im BMBF-Projekt ProWert („Produzentenstolz durch Wertschätzung von Lehrstuhl Organisationspsychologie der TU Dortmund und dem Lehrstuhl Pflegewissenschaft der Fachhochschule der Diakonie in Bielefeld in den Berufsgruppen Altenpflege, Gesundheits- und Krankenpflege aber auch im wachsende Anteil der Beschäftigten ohne pflegerische Ausbildung untersucht. Das gemeinsame Forschungsfeld umfasst somatische und psychiatrische Kliniken, stationäre, teilstationäre und ambulante Einrichtungen. Letztere sind auch bedeutsam, weil sich die Pflege immer mehr in nicht stationäre Bereich verschiebt.

Auch hinsichtlich der Trägerschaft wird das vorhandene Angebotsspektrum abgebildet (siehe Abbildung 1).



**Abbildung 1:** Das Forschungsfeld

Geprüft wird, ob negative Folgen von Arbeitsverdichtung im Personalbereich durch Wertschätzungsprozesse und Emotionsmanagement (u. a. des Führungspersonals) „abgefedert“ werden können. Letzteres gewinnt bei der Generierung und Implementierung von Wertschätzung innerhalb von Interventionen an Bedeutung (Kastner 2007; Kuhnert et al. 2008).

Der Begriff „Produzentenstolz“ bzw. Dienstleistungsstolz bezieht sich in ProWert auf den Stolz auf die eigene Arbeitsleistung (deshalb im Folgenden als „Leistungsstolz“ bezeichnet). Dabei wird Stolz auf zweierlei Weise definiert: zum einen als eine relativ dauerhafte, erfahrungsbasierte, positive innere Haltung gegenüber einem Beurteilungsobjekt, also als Einstellung. Zum anderen lässt sich Leistungsstolz be-

schreiben als eine als angenehm empfundene Emotion. Sie ist das Resultat eines Bewertungsprozesses, bei dem eine eigene Arbeitsleistung die Erwartungen an selbige erfüllt bzw. übererfüllt, d.h. als Erfolg gewertet wird. Damit entsteht ein positives Gefühl des eigenen Wertes (Küpers & Weibler 2005). Grundsätzlich wirken sich sowohl die eigene Bewertung der Leistung wie auch die Anerkennung durch andere (Vorgesetzte, Öffentlichkeit, Familie etc.) auf die Entstehung von Leistungsstolz aus (vgl. Gouthier 2006). Durch die Stärkung der Wertschätzungskultur in den Organisationen kann nicht nur die Gesundheitsprävention sondern auch die Beschäftigungsfähigkeit der Pflegenden verbessert werden (Bergmann et al. 2007). Weiterhin sind positive Effekte auf Persönlichkeitsmerkmale wie Selbstachtung, Selbstbewusstsein und Selbstwirksamkeit, ein hohes Commitment und stärkeres Engagement und Patientenzufriedenheitswerte zu erwarten (Robitaille & Whechel 2005).

Für die Einbindung der Wertschätzung in ein Bewertungsschema der psychosozialen Arbeitsbelastungen im Pflegeberuf scheint das Modell beruflicher Gratifikationskrisen geeignet (Siegrist 1996). Der Modellannahme zufolge sind solche Personen von einer erhöhten Stressbelastung betroffen, die sich durch eine übersteigerte berufliche Identifikation rascher und stärker verausgaben. Dieses Phänomen zeigt sich bei Pflegekräften besonders häufig (Bakker et al. 2000).

Bisherige Forschungsergebnisse geben bereits einen guten Einblick in potenzielle Be- und Entlastungsmöglichkeiten pflegerischer Mitarbeitender. Was sie allerdings nur randständig thematisieren, ist die individuelle Ausgestaltung von Wertschätzungserlebnissen wie gegenläufigen Entwertungsprozessen im Berufsalltag. Auf der Grundlage detaillierter Kenntnisse des Wertschätzungserlebens der Pflegenden sollen – gemeinsam mit Mitarbeitenden aus den jeweiligen Einrichtungen - Interventionen entwickelt werden, die geeignet sind die Wertschätzungskultur in den Einrichtungen zu verbessern bzw. zu stärken.

In allen Zielbereichen ist Führung ein übergreifendes Thema. Es ist in ProWert als emotionale Arbeit konzipiert, die den wechselseitigen Vertrauensaufbau und die Motivation der Beschäftigten fördert.

Das Verbundprojekt nutzt ein Multi-Method-Design mit mehreren Projektphasen in beiden Teilprojekten. Zur Bearbeitung der Forschungsziele werden zunächst qualitative (problemorientierten u. narrativen Interviews, Experteninterviews) und quantitative Verfahren (Fragebogen, Arbeitsanalyseinstrumente) in Einrichtungen der stationären und ambulanten Pflege im somatischen und psychiatrischen Bereich unter öffentlicher, privater und konfessioneller Trägerschaft eingesetzt.

### 3. Erste Ergebnisse

Aufgrund des noch laufenden Auswertungsprozesses der qualitativen Forschungsergebnisse können hier erst einzelne Ergebnisschwerpunkte skizziert werden. Trotz der damit einhergehenden Einschränkungen ergeben sich schon jetzt sehr interessante Hinweise auf ein breites Spektrum subjektiv erlebter Wertschätzung in der Pflege.

Die interviewten Pflegenden haben zudem an den Schnittstellen zu ihren Klienten sowie zur Organisation einen deutlichen Beanspruchungs- und Belastungsschwerpunkt, wie er auch in anderen Humandienstleistungen auftritt (Hacker 2009). Die Wertschätzung eigener Arbeit durch Patienten und Angehörige wird als durchaus vorhanden wahrgenommen. Im Pflegealltag kommt es jedoch häufig zu entwertenden Erfahrungen (Beschwerden, respekt-, verständnisloses, aggressives Verhalten,



abwertender Umgangston):

- Wertschätzend: „Die Patienten sagen einfach, dass es gut ist, dass wir hier sind“. „Viele Angehörige sind aber auch sehr dankbar, zufrieden mit unserer Beratung“.
- Entwertend: „Wir müssen uns viele Sachen gefallen lassen, auch von Patienten“.

An den Schnittstellen zur Organisation stehen der Anerkennung pflegerischer Leistungen (Vertrauen und Rückenstärkung, Kompromiss-/Diskussionsbereitschaft etc.) durch die Pflegedienstleitung und das Krankenhausmanagement unzumutbare Arbeitsbedingungen (kaum erfüllbare Aufgaben, hohe Versagensängste, extreme Arbeitsverdichtung etc.) gegenüber, die häufig mit einem Gefühl der Entwertung der eigenen Arbeit einhergehen:

- Wertschätzend: „...Wertschätzung heißt auch, dass der Vorgesetzte Vorschläge von mir anhört und wenn möglich umsetzt und er selbst auch Kritik vertragen kann“ (Pflegerkraft). „Die haben auch alle ihre Vorlieben, die kenn ich. Und wenn es geht, lasse ich die auch in diesem Bereich arbeiten“ (Stationsleiter).
- Entwertend: „Der Betriebsleitung ist ziemlich egal wie es uns geht, ...; das hat alles nur noch mit Geld zu tun“.

Respekt, Anerkennung, Unterstützung und gegenseitige Rücksichtnahme („offene Fehlerkultur“, gemeinsame private Aktivitäten, Ehrlichkeit, gegenseitige Lob) im Team sind für viele eine wichtige Quelle der Bestätigung. Umso schwerer wiegen dann entwertende Teamerfahrungen wie gegenseitige Schuldzuweisungen, Ignoranz individueller Qualitäten, Klatsch, Tratsch und Mobbing:

- Wertschätzend: „...Das Team ist das A und O,..., hier werde ich respektiert, ja anerkannt“ (Pflegerkraft). „Ja gut, wir puschen uns halt gegenseitig, dass wir halt ne gute Arbeit machen. Weil das sagt uns ja sonst keiner“ (Junger Pfleger).
- Entwertend: „Ein Kollege spricht immer Sachen an, die dann nicht so klasse sind und die eigenen Kollegen, die fallen ihm dann in den Rücken“ (Pflegerin).

Viele Pflegekräfte erbringen hochwertige Pflegeleistungen trotz extremer Beanspruchung am Rande ihrer Leistungsgrenzen. Gleichzeitig hat ein Großteil z. T. erhebliche gesundheitliche Beschwerden und Zweifel am mittel- und langfristigen Erhalt ihrer Leistungsfähigkeit und Gesundheit:

- „In dem Beruf alt zu werden, das schafft keiner. So etwas wie hier ist für 20–30 Jahre nicht realisierbar, psychisch nicht und körperlich nicht“ (Pflegerin).

#### 4. Literatur

1. Arnold, D. 2009, Da kann ich nicht ruhig neben einem Patienten stehen. Zeitdruck im Frauenberuf Pflege, Dr. Med. Mabuse, Nr. 182 November/Dezember, 25-28.
2. Bakker, A.B., Killmer, C.H., Siegrist, J., & Schaufeli, W. 2000, Effort-reward imbalance and burnout among nurses, Journal of Advanced Nursing, 3, 884-891.
3. Bergmann, B., Pietrzyk, U. & Richter, F. 2007, Gesundheitsförderung und Lernförderung im Arbeitsprozess – zwei Seiten derselben Medaille. In: P.G. Richter, R. Rau & S. Mühlpfordt (Hrsg.), Arbeit und Gesundheit. Zum aktuellen Stand in einem Forschungs- und Praxisfeld. Lengerich: Pabst, S. 197-209.
4. Gouthier, M.-H.-J. 2006, Produzentenstolz von Dienstleistern als positive Arbeitsemotion. In: M. Ringlstetter, G. Mueller-Seitz & S. Kaiser (Hrsg.), Positives Management. Zentrale Konzepte und Ideen des Positive Organizational Scholarship. Wiesbaden: Deutscher Universitäts-Verlag, S. 91-113.



5. Hacker, W. 2009, Arbeitsgegenstand Mensch: Psychologie dialogisch-interaktiver Erwerbsarbeit. Lengerich: Pabst.
6. Hasselhorn, H.-M., Müller, B.H., Tackenberg, P., Kümmerling, A. & Simon, M. 2005, Berufsausstieg bei Pflegepersonal. Arbeitsbedingungen und beabsichtigter Berufsausstieg bei Pflegepersonal in Deutschland und Europa. Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin. Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin.
7. Kastner, M. 2007, Vertrauensfehlerlerninnovationsgesundheitskultur zur Förderung von Kultursynergien und Meidung von Kulturkonflikten. In: M. Kastner, E. Neumann-Held & C. Reick (Hrsg.), Kultursynergien oder Kulturkonflikte. Lengerich: Pabst, S. 182-210.
8. Küpers, W. & Weibler, J. 2005, Emotionen in Organisationen. Stuttgart: Kohlhammer.
9. Kuhnert, P. 2008, Handbuch Stabilisierende Gruppen. Ein Praxisratgeber für die Einzel- und Gruppenberatung mit ALG-II-Empfängern. Bonn: Bundesministerium für Arbeit und Soziales.
10. Robitaille, D. & Whelchel, C. 2005, Take PRIDE in Your Clinical Ladder, Nursing Management, 36, 16.
11. Schlechtriemen-Koß, A. 2009, Jetzt wird wieder in die Hände gespuckt...Reorganisation einer Station, Dr. Med. Mabuse, Nr. 182, November/Dezember, 35-38.
12. Siegrist, J. 1996, Soziale Krisen und Gesundheit. Göttingen: Hogrefe.
13. Statistisches Bundesamt 2009, Gesundheitsrisiko Arbeitsplatz, Pressemitteilung Nr. 322 vom 01.09.2009. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.
14. Teusch, A. & Schmitz, L. 2009, Gefährliche Pflege in unserer Region. Im Internet verfügbar unter: <http://www.menschenwuerdigepflege.de/Umfrage-Ergebniss-gefaehrliche-pflege.pdf>.
15. Westermann-Binnewies, A. 2004, Zeit und Macht im Krankenhaus. Eine organisationspsychologische Studie in Krankenhäusern der Basis- und Regelversorgung. Berlin: Uni-Edition.
16. Zwack, J. & Schweitzer, J. 2009, Allein durch Raum und Zeit. Im Gesundheitswesen geht's nur mit Abstimmung, Dr. Med. Mabuse, Nr. 182 November/Dezember, 22-24.



## Bedingungsbezogene Analyse subjektiv erfasster Tätigkeitsaspekte im Krankenhaus

Stephan SANDROCK<sup>1</sup> und Martin SCHÜTTE<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Institut für angewandte Arbeitswissenschaft e.V. (IfaA),  
Uerdinger Str. 56, D-40474 Düsseldorf*

<sup>2</sup> *Leibniz Institut für Arbeitsforschung an der TU Dortmund (IfADo),  
Ardeystr. 67, D-44139 Dortmund*

**Kurzfassung:** Die Anforderungen an das Pflegepersonal von Peripher- und Intensivstationen in Krankenhäusern unterscheiden sich in verschiedenen Aspekten erheblich. Die vorliegende Arbeit untersucht daher an zwei Stichproben von Krankenpflegepersonal, ob sich derartige Unterschiede über die Skala „Arbeitsbedingung“ eines zur Differenzierung von Personen konstruierten Fragebogeninstruments (Bochumer Inventar zu Mitarbeiterzufriedenheit und Organisationsklima, BIMO) abbilden lassen. Die Auswertung der erhobenen Daten erfolgte auf Basis der sogenannten Generalisierbarkeitstheorie. Die Ergebnisse zeigen, dass krankenhausspezifisch reliable Messungen der Bedingungen möglich sind.

**Schlüsselwörter:** Arbeitsbelastung, Arbeitsbewertung, Zuverlässigkeit, Krankenpflege.

### 1. Einleitung

Nach Angaben des statistischen Bundesamtes (2009) arbeiteten 2007 fast eine halbe Million Personen als Gesundheits- und Krankenpflegepersonal in stationären Einrichtungen, davon waren ca. 85 % weiblich (Afentakis 2009). Die Anforderungen an das pflegerische Krankenhauspersonal sind je nach funktionellem Bereich qualitativ sehr unterschiedlich, wobei sich insbesondere das Tätigkeitsspektrum auf Intensivstationen von Peripherstationen unterscheidet. Während auf peripheren Stationen vorwiegend Grund- und entsprechend der Fachdisziplinen Behandlungspflege stattfinden, müssen auf Intensivstationen neben der speziellen Pflege, Beobachtung und Überwachung der meist schwerkranken Patienten, der Kontrolle der Überwachungsgeräte sowie dem Bedienen verschiedenartiger Geräte zusätzlich oft in unvorhersehbarem Maße Notfälle gemanagt, dazu akute Befunde vom Labor erfragt und weitergegeben, sowie mit weiterer Diagnostik oder akuten Interventionen darauf reagiert werden. Besondere Belastungen und hohe Anforderungen entstehen auf Intensivstationen weiterhin durch die ständige Konfrontation mit schwerstkranken Patienten, die hohe Sterblichkeitsrate trotz maximalen Einsatzes sowie die Konfrontation mit den Todesängsten des Patienten, die zu unterschiedlichen Abwehrreaktionen führen kann (Larsen 1994). Weiterhin lassen sich in Intensivpflegebereichen medizinische und pflegerische Tätigkeiten oft nicht direkt voneinander abgrenzen. Die zwischen Peripher- und Intensivstationen bestehenden Unterschiede in der Belastung sollten mit entsprechenden Differenzen in der subjektiven Wahrnehmung der Arbeitsbedingungen durch die Beschäftigten korrespondieren. Mit dem Bochumer Inventar zur Mitarbeiterzufriedenheit und zum Organisationsklima (BIMO) existiert ein Messverfahren, das Aspekte der Arbeitszufriedenheit, der Arbeitsmotivation sowie des Orga-

nisationsklimas erfasst und damit den Ist-Zustand der Arbeitsbedingungen und des Organisationsklimas eines Unternehmens über neun Skalen abbildet (Godowsky 2002; Gudat 2009). Um auf Grundlage der mit dem BIMO gewonnenen Messergebnisse Entscheidungen etwa über Arbeitsgestaltungsmaßnahmen treffen zu können, muss allerdings der Nachweis erbracht werden, dass das Verfahren zwischen unterschiedlichen Belastungsbedingungen zu differenzieren erlaubt. Die vorliegende Studie hatte daher das Ziel, in einem ersten Schritt die bedingungsbezogenen Messeigenschaften der Skala „Arbeitsbedingung“ des BIMO zu prüfen.

## 2. Studie 1

### 2.1 Methode

Die Skala „Arbeitsbedingung“ besteht aus acht Items und bezieht sich auf arbeitsplatzbezogene Einstellungen, die mit der wahrgenommenen Belastung des Arbeitsumfanges (z. B. „Manchmal ersticke ich gerade zu in Arbeit“) und der Arbeitszeitgestaltung (z. B. „Ich muss mehr Überstunden leisten, als mir recht ist“) einhergehen. Die befragten Personen müssen auf einer sechsstufigen Skala angeben, in welchem Maß sie einer Aussage zustimmen oder nicht. Negativ gepolte Items werden vor der Auswertung umkodiert.

In der Analyse konnten die Daten von 94 Krankenschwestern (Alter: MW = 34,1, SD = 9,1 Jahre) aus unterschiedlichen Krankenhäusern verwendet werden, wovon zum Erhebungszeitpunkt 47 Personen auf einer Intensivstation und 47 Personen auf einer Peripherstation arbeiteten. Alle Personen hatten eine wöchentliche Arbeitszeit von mindestens 30 Stunden und arbeiteten seit mindestens einem Jahr in dem jeweiligen Bereich.

Die Auswertung der Daten erfolgte auf Basis der Generalisierbarkeitstheorie (G-Theorie: Shavelson & Webb 1991; Cronbach & Shavelson 2004), die die Durchführung einer G- und D-Studie verlangt, wobei hier der Arbeitsbereich das Messobjekt repräsentiert. Die G-Theorie nutzt dazu allgemein die Methode der Varianzanalyse.

### 2.2 Ergebnisse der G-Studie 1

Die G-Studie prüft, welchen Varianzanteil die Einflussgrößen aufklären, von denen sich vermuten lässt, dass sie deutlich zur Messwertvariabilität beitragen, also hier der Arbeitsbereich (Peripher-, Intensivstation), die Personen und Items der Skala.

Der Untersuchung liegt ein 3-faktorielles Design (Faktor 1: Arbeitsbereich; Faktor 2: Person; Faktor 3: Item) mit einer Schachtelung der Personen unter die Stufen des Faktors Arbeitsbereich zu Grunde. Die durchgeführte Varianzanalyse folgt einem vollständigen Random-Effects-Modell. Da die Tätigkeitsbereiche (Intensiv- und Peripherstationen) eine Stichprobe aus der Grundgesamtheit der in Krankenhäusern vorkommenden Stationen repräsentiert, lässt sich die Facette „Bereich“ als zufällig behandeln. Die Items stellen eine Zufallsauswahl aus allen möglichen, die untersuchte Dimension „Arbeitsbedingung“ beschreibenden Items dar, und repräsentieren somit ebenfalls einen zufälligen Effekt. Die Personen stellen eine zufällige Stichprobe aus der Grundgesamtheit der weiblichen, zwischen 21 und 58 Jahre alten Krankenpflegepersonen mit einem Arbeitsvolumen von mindestens 30 Wochenarbeitsstunden dar. Tabelle 1 gibt die varianzanalytischen Ergebnisse zusammen mit den geschätzten Varianzkomponenten und den aufgeklärten Varianzanteilen für die Skala „Ar-

beitsbedingung“ wieder.

**Tabelle 1:** Ergebnisse der ANOVA für die Skala Arbeitsbedingung

Varianzquelle	df	Mittlere Quadrat- summe	Varianzkomponente $\sigma^2$	Varianzanteil (%)
Bereich (B)	1	3,46	0,0000	0,00
Person (P:B)	92	9,53	1,0123	34,96
Item (I)	7	43,50	0,4475	15,45
BI	7	1,22	0,0000	0,00
Pl:B, Fehler	644	1,44	1,4361	49,59

Danach werden die Messwerte weder durch die Facette „Bereich“ noch die Interaktion „BereichItem“ beeinflusst. In den Einschätzungen bestehen jedoch – wie der auf die Facette „Person“ zurückgehende Varianzanteil von fast 35 % belegt - erhebliche interindividuelle Unterschiede. Weiterhin treten deutliche Abweichungen in den Beurteilungen zwischen den Items auf, gehen doch auf diese Facette annähernd 15 % der Varianz zurück. Der größte Teil der Varianz ist mit fast 50 % auf die Interaktion P(B)I sowie den darin enthaltenen Restvarianzanteil zurückzuführen, der nicht weiter aufzulösen ist.

### 3. Studie 2

Ausgehend von der Vermutung, dass der hohe Residualvarianzanteil durch zwischen den in die Untersuchung einbezogenen Hospitälern bestehenden Unterschieden bedingt ist, erschien es sinnvoll, die Facette Krankenhaus mit in das Design aufzunehmen. Weiterhin erfolgte die Berücksichtigung des Geschlechts als Facette, um Aussagen sowohl über weibliche als auch männliche Beschäftigte machen zu können. Da jedoch nicht alle Krankenhäuser über die hier interessierenden zwei Arbeitsbereiche sowie eine ausreichende Zahl von männlichen und weiblichen Pflegekräften verfügten, ließ sich die G-Analyse der Studie 2 nur auf Basis der Daten eines Krankenhauses vornehmen.

#### 3.1 Methode

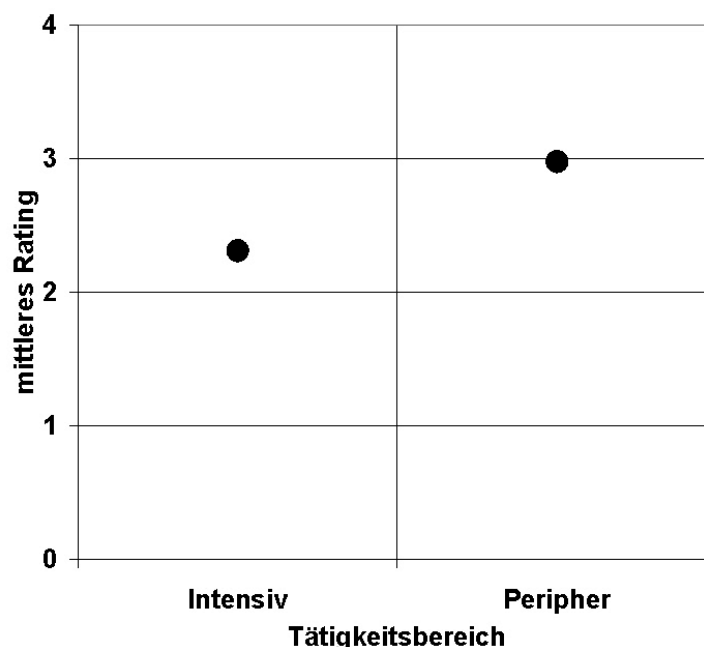
In die weitere Untersuchung gingen die Daten von 24 Personen ein, von denen die Hälfte auf der Intensivstation und der andere Teil auf Peripherstationen arbeiteten. Die Stichprobe setzte sich zu gleichen Anteilen aus männlichen und weiblichen Beschäftigten im Alter zwischen 26 und 46 Jahre alt (MW = 36 Jahre, SD = 6 Jahre) zusammen. Die untersuchten Pflegekräfte waren seit mindestens einem Dreiviertel Jahr in der jeweiligen Abteilung tätig. Der Auswertung liegt ein 4-faktorielles gemischtes Design (Faktor 1: Arbeitsbereich; Faktor 2: Geschlecht; Faktor 3: Person; Faktor 4: Item) mit einer Schachtelung der Personen unter die Stufen der Faktoren Arbeitsbereich und Geschlecht zu Grunde. Der Faktor Geschlecht wird als ‚fixed‘ behandelt, da mit den beiden Stufen (Frauen, Männer) die Grundgesamtheit hinreichend beschrieben

ben ist. Tabelle 2 zeigt die Ergebnisse der Auswertung. Das Messobjekt „Bereich“ bindet mit über 6 % einen nicht vernachlässigbaren Varianzanteil.

**Tabelle 2:** Ergebnisse der ANOVA für die Skala Arbeitsbedingung (eine Einrichtung)

Varianzquelle	df	Mittlere Quadratsumme	Varianzkomponente $\sigma^2$	Varianzanteil (%)
Bereich (B)	1	21,33	0,1830	6,45
Geschlecht (S)	1	1,33	0,0000	0,00
Person (P:BS)	20	3,15	0,2116	7,46
Item (I)	7	14,39	0,5134	18,10
BS	1	21,33	0,3725	13,13
BI	7	2,07	0,0515	1,82
SI	7	1,71	0,0000	0,00
BSI	7	1,76	0,0515	1,82
Pl:BS, Fehler	140	1,45	1,4530	51,22

Damit weichen die Einschätzungen der Arbeitsbedingungen zwischen Intensiv- und Peripherstationen voneinander ab (vergleiche Abbildung 1), wobei die Intensivstation günstiger als die Peripherstationen bewertet wird.

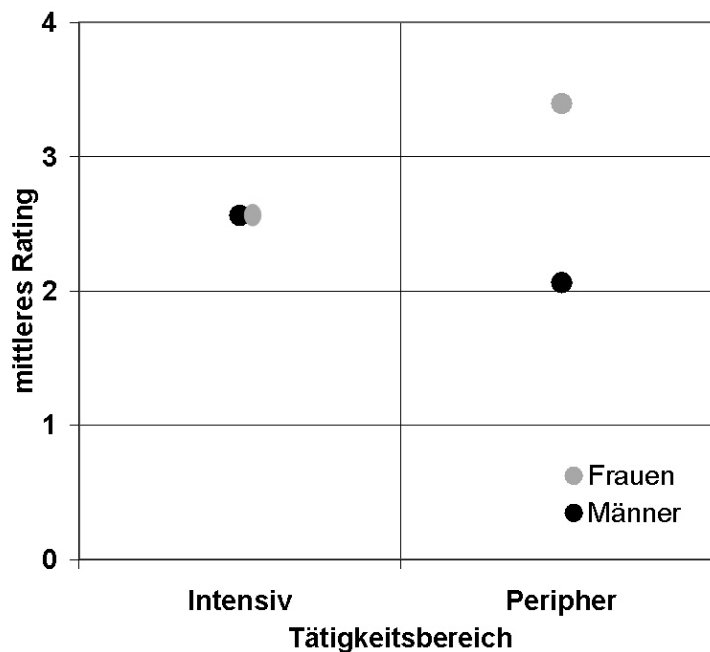


**Abbildung 1:** Mittlere Bewertung in Abhängigkeit der Tätigkeitsbereiche

Weiterhin manifestieren sich in den Beurteilungen erneut – wie der durch die Facette Person erklärte Varianzanteil von über 7 % zeigt – substantielle interindividuelle Unterschiede. Der auf den Faktor ‚Item‘ zurückgehende Varianzanteil von über 18 % belegt, dass der Gebrauch der Ratingskala in Abhängigkeit vom jeweiligen Item vari-



iert. Auf die Wechselwirkung zwischen den Facetten Bereich und Geschlecht entfällt mit 13 % ebenfalls ein bedeutsamer Anteil der Varianz. Die sich aus der Bewertung der Arbeitsbedingungen ergebende Reihenfolge der Pflegebereiche ist somit vom Geschlecht der Urteiler beeinflusst (vergleiche Abbildung 2).



**Abbildung 2:** Mittlere Bewertung in Abhängigkeit von Tätigkeitsbereich und Geschlecht

Dabei liegen die Bewertungen der auf Peripherestationen beschäftigten Frauen über denen der männlichen Kollegen. Die Interaktionen B|I und S|I sowie die Tripelinteraktion B|S|I tragen nur unwesentlich zur Varianzaufklärung bei. Das Residuum (P:BSI, Fehler) bindet erneut mit über 50 Prozent den größten Varianzanteil.

### 3.2 Ergebnisse der D-Studie

Die im Anschluss auf Basis derselben Daten zur Überprüfung der bedingungsbezogenen Messgenauigkeit durchgeführte D-Studie zeigt, dass ein einzelner Messwert, d.h. die Bewertung eines Arbeitsbereichs durch eine Person eines Geschlechts mit einem  $\rho^2$  von 0,09 den nach DIN EN 10075-3 geltenden Mindestwert von 0,7 deutlich unterschreitet. Ein auf den Einschätzungen von 24 Urteiler und 8 Items basierender Mittelwert erlaubt eine zuverlässige Differenzierung der Bereiche, da der Reliabilitätskoeffizient (relativer G-Koeffizient) mit  $\rho^2=0,82$  das nach ISO 10075-3 empfohlene Niveau für Screeningmessungen überschreitet. Ist beabsichtigt, nur orientierende Messungen durchzuführen, für die ein Reliabilitätskoeffizient von  $\rho^2 \geq 0,7$  empfohlen wird, ist eine Stichprobe von 12 Personen ausreichend; für Präzisionsmessungen ( $\rho^2 \geq 0,9$ ) wären hingegen 60 Personen notwendig.

## 4. Diskussion

Die Ergebnisse belegen, dass die Skala „Arbeitsbedingung“ des BIMO, einem zur Personendifferenzierung konzipierten Messverfahren unter bestimmten Voraussetzungen auch für bedingungsbezogene Aussagen herangezogen werden kann. Wie

die Ergebnisse der ersten G-Studie zeigen, ist eine krankenhausübergreifende Verwendung der Skala aber nicht angezeigt. Damit sind globale Aussagen über unterschiedliche Pflegebereiche nicht möglich. Wenngleich eine Differenzierung von unterschiedlichen Abteilungen eines Krankenhauses gelang, muss in zukünftigen Untersuchungen geprüft werden, ob dies auch in weiteren Krankenhäusern gilt, da die Ergebnisse formal nur für die Population der hier untersuchten Einrichtung gelten.

Die für Orientierungs- bzw. Screeningmessungen notwendigen Urteilerkollektive von 12 bzw. 24 Personen erscheinen auch für kleinere Abteilungen vertretbar und realistisch. Allerdings erfordern Präzisionsmessungen Stichprobengrößen, die in der Regel über den Personalbestand von Abteilungen hinausgehen dürften.

Da in der vorliegenden Untersuchung nur die Skala „Arbeitsbedingungen“ untersucht wurde, sollten in weiteren Untersuchungen die übrigen tätigkeitsbezogenen Skalen des BIMO ebenfalls auf ihre bedingungsbezogenen Messeigenschaften geprüft werden. Darüber hinaus erscheint es sinnvoll, im Rahmen zukünftiger Studien auf Basis z.B. von geeigneten Arbeitsanalyseverfahren die jeweils auftretende Belastung genauer zu ermitteln, so dass die bedingungsbezogene Differenzierungsfähigkeit des BIMO detaillierter bestimmt werden kann.

## 5. Literatur

1. Afentakis, A. 2009, Krankenpflege - Berufsbelastung und Arbeitsbedingungen. Statistisches Bundesamt 2009.
2. Cronbach, L.J. & Shavelson, R.J. 2004, My current thought on coefficient alpha and successor procedures, *Educational and Psychological Measurement*, 64, 391-418.
3. Godowsky, K. 2002, Konstruktion eines Inventars zur Erfassung der Mitarbeiterzufriedenheit und des Organisationsklimas. Unveröffentlichte Diplomarbeit, Ruhr-Universität Bochum.
4. Gudat, K. 2009, Zum Einfluss der Persönlichkeit auf die Ergebnisse von Mitarbeiterzufriedenheitsbefragungen am Beispiel des Finanzdienstleistungsbereichs. Aachen: Shaker Verlag.
5. Sakuma, M. 2004, Ergonomic principles related to mental workload - Part 3: Principles and requirements concerning methods for measuring and assessing mental workload. Genf: International Organization for Standardization.
6. Larsen, R. 1994, Anästhesie und Intensivmedizin für Schwestern und Pfleger. Berlin: Springer.
7. Shavelson, R.J. & Webb, N. 1991, Generalizability Theory – A Primer. Newbury Park: Sage.

## Erholung während der Arbeit: Pausenmanagement von Ärztinnen und Ärzten

Kerstin ENSINGER<sup>1</sup>, Tobias STÄCHELE<sup>1</sup> und Heinz SCHÜPBACH<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Institut für Psychologie, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg,  
Engelbergerstraße 41, D-79085 Freiburg*

<sup>2</sup> *Hochschule für Angewandte Psychologie Olten,  
Fachhochschule Nordwestschweiz,  
Riggenbachstraße 16, CH-4600 Olten*

**Kurzfassung:** Für den ärztlichen Dienst im Krankenhaus stellen lange Arbeitszeiten eher die Regel als eine Ausnahme dar. Nach arbeitswissenschaftlichen Erkenntnissen gehen diese mit erhöhter Ermüdung, bei ungünstigen Bedingungen auch mit einer Zunahme von Stress einher. Damit steigt der Bedarf an Möglichkeiten und Ressourcen, Ermüdung während der Arbeit verzögern bzw. durch Erholungspausen dosieren zu können. Mit welchen Erholungsstrategien und Pausenaktivitäten kann es Ärztinnen und Ärzten gelingen, angesichts der hohen Arbeitsanforderungen und den langen Arbeitszeiten dauerhaft eine hohe Leistung zu erbringen, ohne negative Konsequenzen für die eigene Gesundheit zu riskieren?

**Schlüsselwörter:** Arbeitszeit, Ermüdung, Pausenmanagement, zeitnahe Erholung.

### 1. Einleitung

In Fragen der Arbeitszeitgestaltung nehmen Krankenhäuser seit jeher eine Sonderstellung ein. Zu den Besonderheiten gehören die Gewährleistung eines durchgängigen Betriebs (24 Stunden an 7 Tagen pro Woche) sowie ein sehr schwer planbares Arbeitsaufkommen aufgrund vielfältiger, kaum vermeid- und vorhersehbarer Schwankungen und Störungen. Schichtarbeit und Bereitschaftsdienste gehören zu den Basismerkmalen der Arbeitszeitregelung im ärztlichen und im Pflegedienst. Bei insgesamt rund zwei Dritteln der deutschen Krankenhäuser (66,3%) wird inzwischen die sogenannte Opt-out-Regelung umgesetzt (Krankenhausbarometer 2008). Somit kann die wöchentliche Höchstarbeitszeit von Ärztinnen und Ärzten auf derzeit bis zu 58 Stunden ohne Freizeitausgleich ausgeweitet werden, wenn in die Arbeitszeit regelmäßig und in erheblichem Umfang Bereitschaftsdienst fällt. Arbeitswissenschaftlich ist gut und objektiv gesichert, dass sehr lange Tages- bzw. Wochenarbeitszeiten zu erhöhter Ermüdung, bei ungünstigen Bedingungen auch zu einer Zunahme von Stress und damit zu Einschränkungen der psychophysischen Leistungsbereitschaft und Leistungsfähigkeit führen können (Nachreiner 2009). Ein Problem dabei ist, dass der psychophysisch objektive Ermüdungsverlauf kaum mit dem subjektiven Empfinden von Müdigkeit einhergeht (Ulich 2005). Da der Erholungsbedarf im Verlaufe der Ermüdung jedoch exponentiell zunimmt (Schmidtke 1965), spielen zeitnahe Erholungsprozesse eine wichtige Rolle (Sonnentag 2003). Damit kommt gut strukturierten und konsequent eingehaltenen Pausenregelungen eine hohe Bedeutung zu.

## 2. Verfahren und Instrumente

Um erste Einblicke in die Pausenbedingungen von Ärztinnen und Ärzten erhalten zu können, wurde im Dezember 2008 eine Pilotstudie ( $n=95$ ) in vier Kliniken eines Universitätsklinikums durchgeführt. Die Ergebnisse weisen einerseits darauf hin, dass Rückzugsmöglichkeiten und spontane Verschnaufpausen für mehr als die Hälfte der befragten Ärztinnen und Ärzte fehlen. Mehr als zwei Drittel geben an, dass gut verteilte und geregelte Arbeitspausen als Ressource zur Kompensation von Ermüdung nicht vorhanden sind. Andererseits deuten die Ergebnisse darauf hin, dass sich die Ärztinnen und Ärzte eine hohe Kompetenz zusprechen, Ermüdung (u.a. anhand nachlassender Aufmerksamkeit, zunehmender Gereiztheit) subjektiv gut erkennen zu können.

Für eine Vertiefungsstudie wurde ein Fragebogeninstrument entwickelt, das es ermöglicht, Aussagen über die Zusammenhänge zwischen den Arbeitsbedingungen, dem Pausenmanagement der Ärztinnen und Ärzte und ausgewählten Gesundheitsindikatoren treffen zu können. Der Fragebogen wurde auf Grundlage bewährter Skalen aus bestehenden Instrumenten sowie eigens entwickelten Items zum Thema Pausenmanagement (z.B. Pausengelegenheiten, Pausenaktivitäten, Pausenstrategien) und zum Thema Regeneration nach den Pausen erstellt.

Entsprechend der handlungstheoretisch fundierten Klassifikation von Arbeitsmerkmalen im Instrument zur stressbezogenen Tätigkeitsanalyse ISTA 6.0 (Semmer et al. 1998) wird Zeitdruck als Regulationsproblem im Sinne einer quantitativen Überforderung definiert. Demnach ist die Regulation in einer entsprechenden Zeiteinheit zu leisten, wodurch es zu einer Überforderung (Zeitdruck) kommt. Die subjektive Ermüdung wurde mit Merkmalen aus den Bereichen Leistung und Verhalten der Checkliste für Ermüdung erhoben (Richter et al. 2008). Um daraus resultierende mittelfristig stabile Beanspruchungsfolgen wie z.B. das Abschaltvermögen der Ärztinnen und Ärzte nach der Arbeit messen zu können wurde die Irritation-Skala (Mohr et al. 2007) verwendet.

## 3. Ergebnisse

Die Ergebnisse der Vertiefungsstudie ( $n=398$ ) weisen darauf hin, dass lediglich 18 Prozent der befragten Ärztinnen und Ärzte formal festgelegte und geregelte Pausen haben. Die geleistete Arbeitszeit und das subjektive Ermüdungsempfinden stehen in keinem Zusammenhang. Ermüdung korreliert jedoch signifikant mit Zeitdruck ( $r=.32$ ,  $p<0.001$ ). Zeitdruck spielt eine zentrale Rolle beim Pausenmanagement der Ärztinnen und Ärzte: Je höher der Zeitdruck, desto weniger Pausengelegenheiten ergeben sich ( $r=-.43$ ,  $p<0.001$ ). Je mehr Pausengelegenheiten vorhanden sind, desto eher haben die Ärztinnen und Ärzte das Gefühl, sich in den Pausen gut regeneriert zu haben ( $r=.38$ ,  $p<0.001$ ). Erwartungsgemäß führen mehrere Pausengelegenheiten pro Tag bei den befragten Ärztinnen und Ärzten dazu, insgesamt besser abschalten zu können ( $r=-.22$ ,  $p<0.001$ ). Der relativ schwache Zusammenhang zwischen den Pausengelegenheiten und den Ausprägungen auf der Irritation-Skala lässt sich jedoch nachvollziehen, wenn das Ausmaß der Störungen während der Pausen betrachtet wird: 73 % der befragten Ärztinnen und Ärzte geben an, während ihrer Pausen regelmäßig gestört zu werden. Dies führt dazu, dass die betreffenden Pausen keine Pausen im eigentlichen Sinn mehr darstellen. Dementsprechend weisen Ärztinnen und Ärzte, die selten oder nie in ihren Pausen gestört werden, signifikant geringere

Werte auf der Irritation-Skala auf (Mann-Whitney-Test,  $p < 0.01$ ). In dieselbe Richtung weist die Ergebnistendenz, dass Pausengelegenheiten im Zusammenhang mit dem Gefühl der Regeneration bzw. dem Abschaltvermögen nach der Arbeit keine Rolle mehr spielen, wenn in den Pausen Liegeengebliebenes erledigt wird ( $r = -.08$ ,  $p = .31$ ).

Die Hypothese, dass die Anzahl der Pausengelegenheiten die Wahl der Pausenaktivität beeinflusst, kann bestätigt werden. So wird beispielsweise bei zunehmenden Pausengelegenheiten von Ärztinnen und Ärzten weniger Liegeengebliebenes erledigt ( $r = -.31$ ,  $p < 0.001$ ) und durchaus mal ein Nickerchen gemacht ( $r = .26$ ,  $p < 0.001$ ). Dagegen führen mehr Pausengelegenheiten nicht dazu, sich mehr zu zerstreuen. Die Pauseninhalte der Ärztinnen und Ärzte beeinflussen deren Gefühl, sich nach der Pause so weit regeneriert zu fühlen, um gut weiterarbeiten zu können. Hierbei zeigt sich u.a. das Verlassen der Arbeitssituation als relevantes Pausenverhalten ( $r = .39$ ,  $p < 0.001$ ). Ärztinnen und Ärzte verlassen ihre Arbeitssituation signifikant häufiger, wenn ihnen Rückzugsmöglichkeiten in der jeweiligen Abteilung zur Verfügung stehen (Fisher's Exact Test,  $p < 0.001$ ).

Der Zusammenhang zwischen Zeitdruck und dem Gefühl der Regeneration nach einer Pause ( $r = -.39$ ,  $p < 0.001$ ) wird durch die von den Ärztinnen und Ärzten gewählte Pausenstrategie beeinflusst. Der Zusammenhang ist stark ausgeprägt bei denjenigen, die keine Pause machen ( $r = -0.60$ ,  $p < 0.001$ ), schwächer bei Ärztinnen und Ärzten, die Pause machen, wie die Arbeit es erlaubt ( $r = -0.31$ ,  $p < 0.001$ ). Der Zusammenhang zwischen Zeitdruck und dem Gefühl der Regeneration nach einer Pause ist nicht mehr vorhanden, wenn Pausen selbstbestimmt gewählt werden. Der negative Zusammenhang von Zeitdruck auf die Irritationswerte wird durch lange Arbeitszeiten noch verstärkt: Der Zusammenhang ist stärker ausgeprägt bei Ärztinnen und Ärzten, die mehr als 58 Stunden pro Woche arbeiten ( $r = .54$ ,  $p < 0.001$ ) im Vergleich zu Ärztinnen und Ärzten, die weniger lang arbeiten ( $r = .30$ ,  $p < 0.001$ ). Insgesamt werden lange Pausen von den Befragten als erholsam empfunden ( $r = .36$ ,  $p < 0.001$ ), Kurzpausen haben dagegen keinen signifikanten Einfluss auf das Gefühl der Regeneration ( $r = .00$ ,  $p = .992$ ).

#### 4. Diskussion und Ausblick

Ziel der Studie ist es, Zusammenhänge zwischen dem Arbeitskontext der Ärztinnen und Ärzte, dem Pausenmanagement und kurz- bzw. mittelfristigen Auswirkungen auf ausgewählte Gesundheitsindikatoren zu untersuchen. Die Ergebnisse zeigen, dass zeitnahe Erholung im Krankenhauskontext ein komplexes Problem darstellt. In der Studie werden bedingungsbezogene Aspekte fokussiert, da sich die den Ärztinnen und Ärzten zur Verfügung stehenden Pausenmöglichkeiten aufgrund der vorherrschenden Verhältnisse im jeweiligen Klinikum ergeben (z.B. Rückzugsmöglichkeiten) und somit einen Rahmen für individuelle Verhaltensweisen bilden (vgl. Hacker 2005). Die Ergebnisse bestätigen, dass die subjektiv empfundene Müdigkeit in keinem Zusammenhang mit der Länge der geleisteten Arbeitszeit steht. Dies trifft auch zu bei Ärztinnen und Ärzten mit einer wöchentlichen Arbeitszeit von mehr als 58 Stunden. Analog zur Pilotstudie weisen diese Ergebnisse darauf hin, dass die empfundene Müdigkeit kein Indikator für die psychophysiologisch objektivierbare Ermüdung darstellt. Somit steigt die Gefahr bei langen Arbeitszeiten die Zunahme insbesondere der psychischen Belastung bzw. Beanspruchung eher als gering einzuschätzen, da die Problematik der Ermüdung und die Bedeutung der Erholung bei überlangen Tages- und Wochenarbeitszeiten von den Ärztinnen und Ärzten eher un-

terschätzt wird.

Die Länge der Arbeitszeit weist einen schwachen Zusammenhang mit dem Abschaltvermögen und den Gereiztheitsreaktionen nach der Arbeit auf ( $r=.14$ ,  $p<0.001$ ). Allerdings ist nicht allein die Beanspruchungsdauer, sondern die Differenzierung nach dem Beanspruchungsgrad (in diesem Fall dem Zeitdruck) wesentlicher Einflussfaktor für die untersuchten Gesundheitsindikatoren. Zeitdruck bestimmt die Anzahl der für die Ärztinnen und Ärzte möglichen Pausen (Pausengelegenheiten) und deren Länge.

Kurzpausen scheinen in diesem Kontext nicht ausreichend für die Erholung zu sein, was jedoch angesichts der genannten Pausenstörungen nicht weiter verwunderlich ist. Deutlich wird, dass das Erledigen von Liegegebliebenem in den Pausen als nicht regenerierend empfunden wird, jedoch bei über 41% der befragten Ärztinnen und Ärzte zum Berufsalltag gehört. Zudem belegen die Ergebnisse, dass die Belastung die verbleibenden personalen Ressourcen für aktive Erholung mindert (Sonnentag & Zijlstra 2006). Nur neun der Befragten geben an, sich in ihren Pausen körperlich aktiv zu betätigen.

Die Ergebnisse weisen darauf hin, dass sowohl die individuelle Nutzung der Pausen, als auch die von den Ärztinnen und Ärzten gewählte Pausenstrategie sowie die Pausenstörungen eine wesentliche Rolle für die empfundene Regeneration unmittelbar nach der Pause spielen. Durch die genannten Aspekte werden mittelfristig das Abschaltvermögen und die Gereiztheitsreaktionen nach der Arbeit beeinflusst.

Es ist geplant, die Daten zusätzlich noch multivariat auszuwerten, um bedingungsbezogene und individuelle Interventionsmöglichkeiten ableiten zu können.

## 5. Literatur

1. Hacker, W. 2005, Allgemeine Arbeitspsychologie: Psychische Regulation von Arbeitstätigkeiten. Bern: Huber.
2. Krankenhausbarometer 2008. Düsseldorf: Deutsches Krankenhausinstitut e.V.
3. Mohr, G., Rigotti, T. & Müller, A. 2007, Irritations-Skala zur Erfassung arbeitsbezogener Beanspruchungsfolgen (IS). Göttingen: Hogrefe.
4. Nachreiner, F. 2009, Risikofaktor Arbeitszeit. In: R. Pieper & K.-H. Lang (Hrsg.), Sicherheitswissenschaftliches Kolloquium 2007-2008, Band 4, Schriftenreihe des Instituts ASER e.V. an der Bergischen Universität Wuppertal. Forschungsbericht – Nr. 19. Wuppertal: ASER, S. 93-109.
5. Richter, G., Gruber, H., Friesenbichler, H., Uciowska, A., Janurov, L. & Konova, D. 2008, Leitfaden für die Gefährdungsbeurteilung in Klein- und Mittelbetrieben: Psychische Belastung. Bochum: Media-Design-Service e.K..
6. Schmidtke, H. 1965, Die Ermüdung, Symptome - Theorie - Messversuche. Bern: Huber.
7. Semmer, N.K., Zapf, D. & Dunckel, H. 1998, Stress-orientierte Tätigkeitsanalyse ISTA. In: H. Dunckel (Hrsg.), Handbuch zur Arbeitsanalyse. Zürich: Verlag der Fachvereine.
8. Sonnentag, S. 2003, Recovery, work engagement, and proactive behavior: A new look at the interface between nonwork and work, *Journal of Applied Psychology*, 88, 518–528.
9. Sonnentag, S. & Zijlstra, F.R.H. 2006, Job characteristics and off-job activities as predictors of need for recovery, well-being, and fatigue, *Journal of Applied Psychology*, 91, 330-350.
10. Ulich, E. 2005, Arbeitspsychologie, 6.Auflage. Zürich: vdf Hochschulverlag.



## Workload und Strategien der Emotionsregulation bei Klinikärztinnen und –ärzten

Tobias STÄCHELE<sup>1</sup>, Kerstin ENSINGER<sup>1</sup> und Heinz SCHÜPBACH<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Institut für Psychologie, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg,  
Engelbergerstraße 41, D-79085 Freiburg*

<sup>2</sup> *Hochschule für Angewandte Psychologie Olten,  
Fachhochschule Nordwestschweiz,  
Riggenbachstraße 16, CH-4600 Olten*

**Kurzfassung:** Die Arbeit mit Patienten erfordert den Einsatz aktiver Strategien der Emotionsregulation. Bei Krankenhausärztinnen und –ärzten ist diese Anforderung verknüpft mit einem hohen Workload (Arbeitszeit/ Zeitdruck). Das Zusammenspiel von Workload und Strategien der Emotionsregulation wurde im Hinblick auf emotionale Erschöpfung in einem großen Klinikum untersucht. Hierzu wurde eine Fragebogenerhebung mit einem auswertbaren Rücklauf von 397 Fragebögen durchgeführt. Es zeigen sich signifikante Zusammenhänge zwischen Workload, der Emotionsregulationsstrategie surface acting und emotionaler Erschöpfung. In einer Regressionsanalyse können Zeitdruck ( $\beta=.42$ ) und surface acting ( $\beta=.20$ ) 24,0% der Varianz emotionaler Erschöpfung aufklären. Sowohl Aspekte des Workload wie auch emotionale Regulationsstrategien sind somit für die Erklärung emotionaler Erschöpfung hilfreich.

**Schlüsselwörter:** Workload, Emotionsregulation, emotionale Erschöpfung, Ärzte.

### 1. Einleitung

Ein wesentlicher Teil der Anforderungen, welche an Ärztinnen und Ärzte im Krankenhaus gestellt werden, ergibt sich aus der Tätigkeit an sich, die nach Hacker (2009) als „personenverändernde dialogisch-interaktive Tätigkeit“ einzuordnen ist und deren Arbeitsergebnis i.d.R. erst durch die aktive Kooperation des Patienten erfolgreich erbracht werden kann. Hierbei wird vom Arzt gefordert, die in der Interaktion mit dem Patienten aufkommenden emotionalen Empfindungen erfolgreich zu kontrollieren und zu managen, um sowohl kurzfristig wie auch langfristig leistungsfähig und gesund zu bleiben. Um dies zu erreichen, ist der aktive Einsatz von Strategien der Emotionsregulation erforderlich. Wesentliche weitere Anforderungen ergeben sich aus dem Workload der Ärzte. Die empirischen Befunde zu Zusammenhängen mit Beanspruchungsfolgen sind jedoch uneinheitlich. Exzessive Dauer der Arbeitszeit alleine führt nach Rosta & Gerber (2007) direkt zu körperlichen und psychischen Beschwerden. Wegner et al. (2009) haben bei Hamburger Klinikärzten den Zusammenhang von Arbeitszeit und emotionaler Erschöpfung untersucht und fanden auch bei sinkender Arbeitszeit eine Zunahme des Burnout-Risikos. Sowohl die Betrachtung der spezifischen Belastungen als auch die der (Fehl-) Beanspruchungsfolgen zeigen, dass eine Vielzahl von Ärztinnen und Ärzten im Krankenhaus unter den hohen Anforderungen leiden. Gleichzeitig schafft es jedoch ein Großteil der Ärzte, über einen längeren Zeitraum im Krankenhaus zu arbeiten und dabei gesund und leistungsfähig

zu bleiben. Wie gelingt das? Um dieser Frage nachzugehen wurde in einer Studie der Zusammenhang zwischen Belastungen (u.a. Workload) und Beanspruchungsfolgen (u.a. emotionale Erschöpfung) um die Perspektive des Selbstmanagements ergänzt. Strategien der Emotionsregulation werden dabei als aktive Verhaltensweisen zum Selbstmanagement in einer anforderungsreichen Situation mit hohem Workload verstanden. Die vorliegende Studie fokussiert darauf, inwiefern diese Emotionsregulationsstrategien neben dem Workload von Ärztinnen und Ärzten deren Beanspruchungsfolgen erklären können.

## 2. Methode und Instrumente

Die Daten für die Studie wurden im Rahmen einer Vollerhebung bei den Ärztinnen und Ärzten eines Universitätsklinikums erfragt. Dafür wurde ein achtseitiges Erhebungsinstrument mit sechs Themenbereichen entwickelt. Dieses besteht zum Großteil aus arbeitswissenschaftlich bewährten Skalen, die auf ihre Eignung für den Einsatz im Krankenhaus überprüft und teilweise angepasst worden sind. Dies sind die Skalen zu „Stressoren und Ressourcen bei der Arbeit“, „Befinden und Gesundheit“ und zum „Umgang mit emotionalen Aspekten der Arbeit“. Des Weiteren sind Fragen zur Person sowie zu Arbeitszeit, Arbeitsinhalt und Arbeitsumfang enthalten. Der auswertbare Rücklauf belief sich auf 397 Fragebögen (32,7 %). Ziel der Auswertung ist es, zum einen den Workload im Klinikum zu beschreiben, zum anderen das Zusammenspiel von Workload und Strategien der Emotionsregulation in Hinblick auf die Beanspruchung zu untersuchen. Workload wird in der vorliegenden Studie durch Arbeitszeit (Anwesenheitszeit in der Klinik in Stunden pro Woche) und Zeitdruck im Sinne einer quantitativen Überlastung (Semmer et al. 1998) operationalisiert. Emotionale Regulationsstrategien werden durch die „Emotional Labour Scale“ nach Brotheridge & Lee (2003) erfasst, emotionale Dissonanz durch die entsprechende Skala von Neubach & Schmidt (2006). Als Beanspruchungsindikator wird die Skala „Emotionale Erschöpfung“ der deutschen Fassung des Maslach Burnout Inventory (MBI-D) eingesetzt (Büssing & Perrar 1992). Workload wird von Maslach & Leiter (2008) als ein frühes Warnsignal für Burnout angesehen, wobei die Einschränkung gemacht wird, dass vor allem für „Overload“ eine eindeutige Beziehung zu Burnout besteht. Als wesentlicher emotionaler Belastungsfaktor wird die geforderte Emotionskontrolle angesehen, wie sie von Neubach & Schmidt (2006) als „emotionale Dissonanz“ formuliert wurde. Hierbei steht das Ungleichgewicht zwischen erlebten und geforderten Emotionen im Vordergrund. Sofern Ärzte sich in einer Arbeitssituation befinden, in der sie zwar physiologisch-emotional reagieren, diese Emotionen jedoch nicht offen äußern können, entsteht eine Selbstkontrollanforderung, die sich in emotionaler Dissonanz äußert. Der aktive Umgang mit emotionaler Dissonanz kann durch zwei Regulationsstrategien realisiert werden, nämlich „deep acting“ und „surface acting“ (Grandey et al. 2005). Diese gelten als Möglichkeiten, eine auftretende emotionale Dissonanz zu regulieren (Brotheridge & Lee 2003). Deep acting wird als kognitive Strategie angesehen, um das eigene Gefühl an das erwünschte bzw. geforderte Gefühl gezielt anzugleichen (z.B. durch Reframing oder Perspektivenwechsel). Demgegenüber gilt surface acting als Strategie, mit der dem Patienten der geforderte Gefühlsausdruck vorgespielt wird, ohne dass dies zu einem gefühlsmäßigen Einlassen auf ihn führt. Surface acting stellt demnach ein oberflächliches Mienenspiel dar und ist weniger geeignet, die emotionale Dissonanz tatsächlich aufzulösen. Vielmehr ermöglicht diese Strategie, trotz emotionaler Dissonanz die Aufgaben weiter zu erfül-

len; sie ist jedoch mit einer erhöhten physiologischen Aktivierung verbunden (Gross & John 2003). Eine Metaanalyse zu den Auswirkungen von deep acting und surface acting (Schewe & Hülshager in prep.) zeigt klare Zusammenhänge von surface acting mit emotionaler Erschöpfung ( $p=.41$ ,  $p<0.005$ ) und geringe bis keine Zusammenhänge zwischen deep acting und emotionaler Erschöpfung ( $p=.08$ ).

### 3. Ergebnisse

Für einen Überblick über die Ergebnisse werden die Werte der Skalen in Tabelle 1 berichtet. Ein hoher Workload zeigt sich sowohl in der langen Arbeitszeit ( $M=53,1$  Stunden/Woche,  $SD=12,4$ ) wie auch im hohen Zeitdruck ( $M=3,9$ ,  $SD=0,63$ ). Der Mittelwert der emotionalen Erschöpfung ( $M=2,9$ ) liegt in einem Bereich, in dem von einem erhöhten Burnout-Risiko auszugehen ist. Gleichzeitig zeigt sich eine breite Streuung der Werte ( $SD=1,01$ ), was dafür spricht, dass die Ärzte mit der Arbeitssituation eher unterschiedlich gut umgehen können. Es zeigen sich die erwarteten Zusammenhänge zwischen Workload und emotionaler Erschöpfung (Zeitdruck:  $r=.46$ ,  $p<0.001$ , Arbeitszeit:  $r=.17$ ,  $p<0.001$ ). Die Werte für die emotionale Kontrollanforderung (emotionale Dissonanz,  $M=2,6$ ) liegen in einem mittleren Bereich. Mit dem Zeitdruck steigt die emotionale Dissonanz an ( $r=.38$ ,  $p<0.001$ ). Zudem wird ein Zusammenspiel von emotionaler Dissonanz und surface acting ersichtlich ( $r=.51$ ,  $p<0.001$ ). Die Zusammenhänge von surface acting mit den anderen Skalen zeigen in die erwartete Richtung. Vor allem die Korrelationen mit Workload (Zeitdruck:  $r=.13$ ,  $p<0.05$ , Arbeitszeit:  $r=.12$ ,  $p<0.05$ ) und mit emotionaler Erschöpfung ( $r=.25$ ,  $p<0.001$ ) sind bedeutsam.

**Tabelle 1:** Mittelwerte ( $M$ ), Standardabweichungen ( $SD$ ), Reliabilität (Cronbach's  $\alpha$ ) und bivariate Korrelationen der eingesetzten Skalen (\* $p<0.05$ ; \*\* $p<0.001$ )

	M	SD	1	2	3	4	5
1 Zeitdruck	3,9	0,63	(.83)				
2 Emotionale Dissonanz	2,6	0,84	.38**	(.93)			
3 Surface acting	2,9	0,87	.13*	.51**	(.76)		
4 Deep acting	3,2	0,85	.00	-.05	-.06	(.72)	
5 Emotionale Erschöpfung	2,9	1,01	.46**	.45**	.25**	-.04	(.87)
6 Arbeitszeit	53,1	12,4	.41**	.14*	.12*	.01	.17**

Die Betrachtung der Werte von Ärzten über dem Mittelwert auf der Skala "emotionale Erschöpfung", bei denen von einem erhöhten Burnout-Risiko auszugehen ist, im Vergleich zu jenen mit Werten unterhalb des Mittelwerts zeigt sowohl Unterschiede auf der Belastungsseite (Arbeitszeit, Zeitdruck, emotionale Dissonanz) als auch bei den eingesetzten Regulationsstrategien. Bei hohen Werten für emotionale Erschöpfung finden sich auch höhere Belastungswerte. Es werden zudem signifikant höhere Angaben zum Einsatz von surface acting ersichtlich (siehe Tabelle 2).

**Tabelle 2:** Unterschiede zwischen Ärzten mit hohen vs. geringen Werten emotionaler Erschöpfung

Emotionale Erschöpfung	Emotionale Dissonanz	Arbeitszeit/Woche	Zeitdruck	Surface acting	Deep Acting
Über Mittelwert	2,9	54,9 Std	4,1	3,1	3,2
Unter Mittelwert	2,3	51,4 Std	3,6	2,7	3,1
	$p<0.001$	$p<0.001$	$p<0.001$	$p<0.001$	n.s.

Die Vorhersage emotionaler Erschöpfung mittels einer multiplen Regressionsanalyse zeigt, dass Zeitdruck ( $\beta=.42$ ,  $p<0.001$ ) und surface acting ( $\beta=.20$ ,  $p<0.001$ ) eine Varianzaufklärung von 24,0% ergeben. Der inkrementelle Zuwachs in der Varianzaufklärung durch surface acting beträgt 3,8% ( $p<0.001$ ). Hierdurch wird deutlich, dass sowohl Aspekte des Workload als auch emotionale Regulationsstrategien für die Erklärung emotionaler Erschöpfung hilfreich sind.

#### 4. Fazit und Ausblick

Der Workload von Ärztinnen und Ärzten im Krankenhaus ist hoch. Hinzu kommen zusätzliche emotionale Kontrollanforderungen, die von jenen mit hohem Zeitdruck verstärkt erlebt werden. In der vorgestellten Studie hat sich gezeigt, dass sowohl der Workload an sich, wie auch aktive Verhaltensweisen zum Selbstmanagement relevant sind, um Beanspruchungsfolgen zu erklären. So leisten Zeitdruck und auch die emotionale Regulationsstrategie surface acting einen relevanten Beitrag für die Vorhersage emotionaler Erschöpfung. Bei Ärzten mit hohem Workload und hoher emotionaler Dissonanz steigt die Wahrscheinlichkeit surface acting einzusetzen, um die eigenen Emotionen im Kontakt mit Patienten zu regulieren und weiterhin angemessen interagieren zu können. Daher wird davon ausgegangen, dass die beiden Faktoren Zeitdruck und surface acting nicht nur unabhängig voneinander auf emotionale Erschöpfung wirken, sondern der Einfluss von Zeitdruck auf emotionale Erschöpfung teilweise über surface acting mediert wird. Weitere Analysen sollen das Zusammenspiel von Workload, Emotionsregulation und emotionaler Erschöpfung genauer beleuchten.

#### 5. Literatur

1. Brotheridge, C.M. & Lee, R.T. 2003, Development and validation of the emotional labour scale, *Journal of Occupational and Organizational Psychology*, 76, 365–379.
2. Büssing, A. & Perrar, K.M. 1992, Die Messung von Burnout. Untersuchung einer Deutschen Fassung des Maslach Bournout Inventory (MBI-D), *Diagnostica*, 38, 328-353.
3. Grandey, A.A., Fisk, G.M. & Steiner, D.D. 2005, Must "service with a smile" be stressful? The moderating role of personal control for U.S. and French employees, *Journal of Applied Psychology*, 90, 893-904.
4. Gross, J. & John, O. 2003, Individual Differences in Two Emotion Regulation Processes: Implications for Affect, Relationships, and Well Being, *Journal of Personality and Social Psychology*, 85, 2, 348-362.
5. Hacker, W. 2009, Arbeitsgegenstand Mensch: Psychologie dialogisch-interaktiver Erwerbsarbeit. Ein Lehrbuch. Lengerich: Pabst.
6. Maslach, C. & Leiter, M. 2008, Early Predictors of Job Burnout and Engagement, *Journal of Applied Psychology*, 93, 498-512.
7. Neubach, B. & Schmidt, K.-H. 2006, Selbstkontrolle als Arbeitsanforderung - Rekonzeptualisierung und Validierung eines Messinstruments, *Zeitschrift für Arbeits- und Organisationspsychologie*, 50, 103-109.
8. Rosta, J. & Gerber, A. 2007, Excessive working hours and health complaints among hospital physicians: a study based in a national sample of hospital physicians in Germany, *German Medical Science*, 5, 1-9.
9. Schewe, A.F. & Hülshager, U.R. in prep., Consequences of emotional labor: A meta-analysis.
10. Semmer, N., Zapf, D. & Duckel, H. 1998, Stressorientierte Tätigkeitsanalyse ISTA. In: H. Dunckel (Hrsg.), *Handbuch zur Arbeitsanalyse*. Zürich: Verlag der Fachvereine.
11. Wegner, R., Kostova, P. Poschadel, B., Manuwald, U. & Baur, X. 2009, Belastung und Beanspruchung von Krankenhausärzten/-innen. Ergebnisse einer aktuellen Erhebung, *Arbeitsmedizin, Sozialmedizin, Umweltmedizin*, 44, 7, 389-398.

## Zeitstudien in der Zahnarztpraxis als Teil des Gesundheitsmanagements

Hansjürgen GEBHARDT<sup>1</sup>, Bernd NEUMANN<sup>2</sup> und Victor P. MEYER<sup>3</sup>

<sup>1</sup> *Institut für Arbeitsmedizin, Sicherheitstechnik und Ergonomie (ASER) e.V.,  
Corneliusstr. 31, D-42329 Wuppertal*

<sup>2</sup> *Gesellschaft für wissenschaftlich-technische Beratung mbH,  
Corneliusstr. 31, D-42329 Wuppertal*

<sup>3</sup> *Institut der Deutschen Zahnärzte (IDZ),  
Universitätsstr. 73, D-50931 Köln*

**Kurzfassung:** Zeiterfassungen in der Zahnarztpraxis weisen im Vergleich zu solchen z.B. in der industrienahen Produktion deutlich andere Herausforderungen auf. Will man, wie in dem hier dargestellten Beispiel im Rahmen des Gesundheitsmanagements zeitliche Aufwendungen für Hygienemaßnahmen in der Zahnarztpraxis und Indikatoren für deren Prognose erfassen bzw. bereitstellen, so fällt schnell die i.d.R. räumliche Enge, aber auch der Umstand auf, dass sich diese Zeiten auf verschiedene Orte ebenso wie verschiedene Personen verteilen, was Herausforderungen an die Erhebungspraxis stellt. Selbstaufschreibungen stoßen schnell aufgrund des hohen Arbeitsvolumens an ihre Grenzen, Schätzungen in Form von Befragungen können leicht zu wenig genauen Angaben führen, Zeiterfassungen mit mehreren Personen sind wenig wirtschaftlich und stoßen zudem an räumliche Grenzen, Videoaufnahmen sind schon mit Blick auf die Patienten kein adäquates Instrument. Der Beitrag beschreibt eine Methodik ebenso wie Ergebnisse der damit durchgeführten Untersuchungen.

**Schlüsselwörter:** Zeitstudien, Methoden, Hygiene, Zahnarztpraxis.

### 1. Einleitung

Ausgangspunkt für die Durchführung der Untersuchungen und der Entwicklung des hier vorgestellten Erhebungsdesigns waren Neuerungen in den hygienischen Anforderungen für Zahnarztpraxen, die im Rahmen einer Empfehlung des Robert-Koch-Institutes (vgl. RKI 2006) formuliert wurden. Sie betrifft u. a. die Aufbereitung von Medizinprodukten durch Reinigung, Desinfektion, Sterilisation, Freigabe und Lagerung, Desinfektion und Reinigung von Flächen und Geräten, Reinigung und Desinfektion von Abformungen und zahntechnischen Werkstücken, Maßnahmen zum Patienten- und Personenschutz, Qualitätssicherung und Bauliche Anforderungen, etc.

Obwohl Zahnärzte den bekannten Infektionsgefahren seit jeher Rechnung tragen und ihre Praxisausstattung und Arbeitsabläufe den organisatorischen und räumlichen Notwendigkeiten der Infektionsprophylaxe anpassen, ist letztlich schwierig abschätzbar, wie diese teilweise äußerst aufwändigen Hygienestandards, mit denen ein hohes Maß an hygienischer Patientensicherheit ebenso wie der Schutz der Gesundheit der Beschäftigten nachprüfbar erreicht werden soll, sich zeitmäßig auswirken. Die hier beschriebene im Auftrag des Instituts der Deutschen Zahnärzte durchgeführte Studie hatte die Aufgabe, eine diesbezügliche Datengrundlage zu liefern. Dabei sollte einerseits die Ist-Situation in ausgewählten Zahnarztpraxen erhoben und anderer



seits abhängig von Kenndaten der Zahnarztpraxis eine Abschätzungsmöglichkeit für hygienebedingte Zeiten ermittelt werden, die z. B. auch für die Kostenbetrachtung eingesetzt werden kann (vgl. Nowak et al. 2008).

## 2. Methode

### 2.1 Untersuchungsfeld

Das Untersuchungsfeld der Zahnarztpraxen gliedert sich grob in den Aufbereitungs- und Behandlungsbereich, in denen jeweils hygienebedingte Tätigkeiten durchgeführt werden. Im Regelfall verteilen sich die Tätigkeiten auf verschiedene Personen, dabei sind im Tagesverlauf regelmäßig auftretende Tätigkeiten und solche, die in unregelmäßigen Zeitabständen auftreten zu unterscheiden, zudem ist das zahnärztliche Behandlungsspektrum von invasiven und non-invasiven Eingriffen und dem damit verbundenen Hygieneaufwand eine wesentliche Einflussgröße.

### 2.2 Tätigkeitsspektrum

Schwerpunkt der Erhebungen bildete der Aufbereitungsbereich, dessen hygienebedingte Tätigkeiten jeweils vollständig erfasst wurden. Waren mehrere Personen beteiligt, wurden jeweils die Zeiten aller Personen erfasst.

Zu den hygienebedingten Tätigkeiten im Aufbereitungsbereich (vgl. Abbildung 1) zählen wesentlich die manuelle - bzw. Ultraschall-Vorreinigung der Instrumente, die Be- und Entladung sowie der Start des Reinigungs- und Desinfektionsgerätes (RDG), gegebenenfalls das Einschweißen von Instrumenten, die Be- und Entladung des Sterilisators, Transportvorgänge im Zusammenhang mit dem Aufbereitungsprozess, die Wischdesinfektion des Arbeitsbereiches, die Abfallentsorgung und Prozessdokumentation und Maßnahmen des Arbeitsschutzes.



**Abbildung 1:** Beispiele für hygienebedingte Tätigkeiten im Aufbereitungsbereich

Zu den hygienebedingten Tätigkeiten im Behandlungsbereich zählen wesentlich die hygienebedingte Vorbereitung des Patienten auf die Behandlung und im Nachgang der Behandlung (vgl. Abbildung 2) die Desinfektion der Behandlungseinheit und behandlungsnaher (Zusatz)Geräte und Arbeitsflächen, der Transport von Instrumenten und Abfall in den Aufbereitungsbereich sowie persönliche Schutz- und Hygienemaßnahmen wie z. B. die Händehygiene vor und nach der Behandlung. Zusätzlich erfolgen tägliche Hygienevor- und -nachbereitungen. Die ermittelten hygienebedingten Zeiten wurden je Erhebungstag gesondert für den Aufbereitungsbereich und den



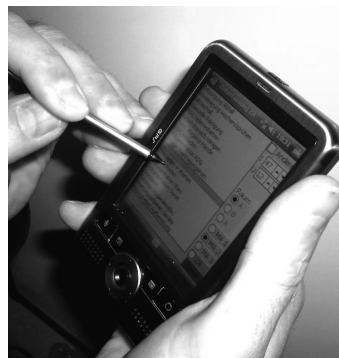
Behandlungsbereich aufsummiert.



**Abbildung 2:** Beispiel für hygienebedingte Tätigkeiten im Behandlungsbereich

### 2.3 Erhebungsinstrument

Aufgrund der eingangs genannten Einschränkungen wurde eine Zeiterfassung durch eine erfassende Person, die gleichzeitig mehrere ausführende Personen beobachtet, eingesetzt. Dabei war die teilweise bestehende räumliche Enge eher von Vorteil, ebenso der Umstand, dass nicht alle Tätigkeiten, sondern lediglich solche, die definierte Hygienemaßnahmen betreffen, für die Fragestellung zu erheben waren. Eingesetzt wurde ein Personal Digital Assistant (PDA), für den ein Programm zur Zeiterfassung entwickelt wurde. Dieses erlaubte es, neben den Tätigkeiten die Arbeitsbereiche ebenso wie die handelnde Person sekundengenau zu protokollieren (vgl. Abbildung 3). Die handelnde Person stellte insofern eine Herausforderung dar, als dass die Aktionen – hier Hygienemaßnahmen – naturgemäß teilweise zeitlich parallel von verschiedenen Personen durchgeführt wurden.



**Abbildung 3:** Protokollierung von Tätigkeiten

Entsprechend erlaubte die Zeiterfassung die Abgrenzung von bis zu 4 Personen. Mittels zweier Zähler konnten darüber hinaus die Anzahl der eingesetzten Übertragungsinstrumente sowie die sonstigen Instrumente protokolliert werden.

### 2.4 Kategorisierung der Behandlungen

Die Kategorisierung wurde mit Blick auf die hygienischen Anforderungen gebildet.

- Kategorie 1: Behandlungen mit geringem Einsatz von Instrumenten (Spiegel,

Sonde, etc.) und in der Regel ohne Benutzung von Übertragungsinstrumenten oder nur zur einfachen Korrektur von z.B. Zahnersatz außerhalb der Mundhöhle.

- Kategorie 2: Behandlungen mit erhöhtem Einsatz von Instrumenten und der Benutzung von mindestens einem Übertragungsinstrument und/oder zusätzlichen Geräten (z.B. UV-Lampe oder Laser).
- Kategorie 3 Invasive Behandlungen unter Verwendung von eingeschweißten Instrumenten (z.B. Chirurgie).

### 3. Ergebnisse

Die Erhebungen wurden in insgesamt 10 Zahnarztpraxen durchgeführt. Dabei betrug die Gesamterhebungszeit verteilt auf 12 Erhebungstage ca. 124 Stunden. An den Erhebungstagen wurden insgesamt 516 Behandlungen durchgeführt, von denen 261 im Rahmen der Zeiterfassung berücksichtigt werden konnten. Die Differenz ergibt sich aus der genannten Schwerpunktsetzung im Aufbereitungsbereich, der jeweils vollständig erfasst wurde.

Zur Ermittlung mittlerer hygienebedingter Zeiten je nach Kategorie der durchgeführten Behandlungen wurden die insgesamt 12 Datensätze zu Praxistagen regressionsanalytisch ausgewertet. Eingangsgrößen bildeten dabei die Summe der ermittelten hygienebedingten Zeiten im Aufbereitungsbereich sowie im Behandlungsbereich sowie die im Tagesverlauf durchgeführten und beobachteten Behandlungen. Zu beachten war, dass während die ermittelten Zeiten im Aufbereitungsbereich alle im Tagesverlauf durchgeführten Behandlungen spiegelten, die ermittelten Zeiten im Behandlungsbereich naturgemäß ausschließlich die in die Erhebung einbezogenen Behandlungen spiegelten. Die Ergebnisse sind in Tabelle 1 zusammengestellt und erlauben auf der Grundlage des Behandlungsspektrums einer Zahnarztpraxis die Abschätzung der hierzu erforderlichen hygienebedingten Zeiten.

**Tabelle 1:** Ermittelte mittlere hygienebedingte Zeiten je Behandlung und Kategorie

	Kategorie 1	Kategorie 2	Kategorie 3
Behandlungsbereich	3,2 min	6,3 min	20,9 min
Aufbereitungsbereich	1,1 min	4,0 min	35,2 min
Gesamtaufwand	4,3 min	10,3 min	56,1 min
Anzahl der Behandlungen	240	246	30
davon erfasst:	107	144	10

### 4. Diskussion

Das eingesetzte Methodeninventar erwies sich als zielführend im Sinne der Aufgabenstellung. Im Ergebnis zeigten sich deutliche Unterschiede für verschiedene Behandlungstypen. Dies betrifft sowohl die mittleren Zeiten für Hygienemaßnahmen als auch deren Verteilung auf Behandlungs- und Aufbereitungsbereich. Bei der Betrachtung unberücksichtigt blieb zunächst die tägliche Endreinigung als einmaliges Ereignis. Hier ist weniger das Behandlungsspektrum als vielmehr die Anzahl der Behandlungsräume ausschlaggebend. Auf der Grundlage von insgesamt N=24 ermittelten Reinigungszyklen wurde die mittlere Zeitdauer mit ca. 9 Minuten ((9,1 + 2,1) min.)

je Behandlungsraum ermittelt.

## 5. Literatur

1. Robert Koch-Institut – RKI 2006, Infektionsprävention in der Zahnheilkunde – Anforderungen an die Hygiene". Mitteilung der Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention beim Robert Koch-Institut. Empfehlung, Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz, 49, 375–394.
2. Nowack, K., Meyer, V.P., Gebhardt, H.J., Neumann, B. & Müller, B.H. 2008, Hygienekosten in der Zahnarztpraxis – Ergebnisse aus einer kombiniert betriebswirtschaftlich-arbeitswissenschaftlichen Studie, IDZ-Information, No.2/2008.



## Belastung der Lendenwirbelsäule beim Transfer von schwergewichtigen Patienten

Claus JORDAN<sup>1</sup>, Andreas THEILMEIER<sup>1</sup>, Norbert WORTMANN<sup>2</sup>, Stefan KUHN<sup>3</sup>,  
Alwin LUTTMANN<sup>1</sup> und Matthias JÄGER<sup>1</sup>

<sup>1</sup> IfADo – Leibniz-Institut für Arbeitsforschung an der TU Dortmund,  
Ardeystraße 67, D-44139 Dortmund

<sup>2</sup> BGW – Berufsgenossenschaft für Gesundheitsdienst und Wohlfahrtspflege,  
Hauptverwaltung, Pappelallee 35/37, D-22089 Hamburg

<sup>3</sup> BGW – Berufsgenossenschaft für Gesundheitsdienst und Wohlfahrtspflege,  
Präventionsdienst Mainz, Göttelmannstraße 3, D-55130 Mainz

**Kurzfassung:** In dem hier vorgestellten, in Zusammenarbeit mit der Berufsgenossenschaft für Gesundheitsdienst und Wohlfahrtspflege (BGW) durchgeführten Forschungsvorhaben wurden detaillierte Untersuchungen zur mechanischen Belastung der Lendenwirbelsäule von Pflegepersonen beim Bewegen von schwergewichtigen Patienten durchgeführt. Untersucht wurden die Tätigkeiten „Drehen des Patienten auf die Seite“, „Setzen des Patienten an die Bettkante“ und „Bewegen des Patienten in Richtung Kopfende des Bettes“. Insgesamt zeigen die Ergebnisse der Untersuchungen, dass das Bewegen schwergewichtiger Patienten - im Vergleich mit Normalgewichtigen - zu einer erhöhten Wirbelsäulenbelastung für das Pflegepersonal führt. Eine mögliche Konsequenz für BK-2108-Verfahren könnte die Verwendung höherer Kennwerte der Bandscheiben-Druckkräfte darstellen. Im Sinne eines Präventionsaspektes wird deutlich, dass beim Bewegen schwergewichtiger Patienten eine biomechanisch angemessene Arbeitsweise für das Pflegepersonal noch stärker zu empfehlen ist als beim Bewegen normalgewichtiger Patienten. Weiterhin zeigt sich, dass biomechanisch begründete Handlungsanleitungen, die auf „Paarvergleichen“ zwischen Tätigkeitsausführungen mit extrem niedriger bzw. extrem hoher Wirbelsäulenbelastung basieren, abgeleitet und eine deutliche Reduktion der Wirbelsäulenbelastung bewirken können.

**Schlüsselwörter:** Pflegetätigkeiten, Wirbelsäulenbelastung, Präventionsmaßnahmen, Biomechanische Simulationsrechnungen.

### 1. Einleitung

In verschiedenen aufeinander aufbauenden Forschungsvorhaben wurden in Kooperation mit der Berufsgenossenschaft für Gesundheitsdienst und Wohlfahrtspflege (BGW) für einen großen Teil der von der BGW als „sicher gefährdend“ hinsichtlich der Lendenwirbelsäule eingestuften Pflegetätigkeiten Kennwerte der Wirbelsäulenbelastung abgeleitet und publiziert (Jäger et al. 2003, 2005a, 2005b; Theilmeyer et al. 2006), die seither in Berufskrankheiten-Feststellungsverfahren zur BK 2108 eingesetzt und bei der Prüfung der arbeitstechnischen Voraussetzungen genutzt werden. Gegenwärtig basieren diese Erkenntnisse auf einem Patientenkollektiv mit weitgehend einheitlicher Körpergröße und einem Körpergewicht bis zu etwa 80 kg. Statisti-

ken weisen darauf hin, dass schon aufgrund der Akzeleration der Bevölkerung und einer verbreiteten Gewichtszunahme davon auszugehen ist, dass der Anteil schwergewichtiger Patienten, die in Einrichtungen der Kranken- und Altenpflege vom Pflegepersonal bewegt werden, zugenommen hat. Ziel der hier beschriebenen Untersuchung war es, den Einfluss des Patientengewichts auf die Wirbelsäulenbelastung von Pflegepersonen bei Transfertätigkeiten mit schwergewichtigen Patienten zu prüfen und ggf. angemessene Präventionsansätze zur Verringerung der Belastung abzuleiten.

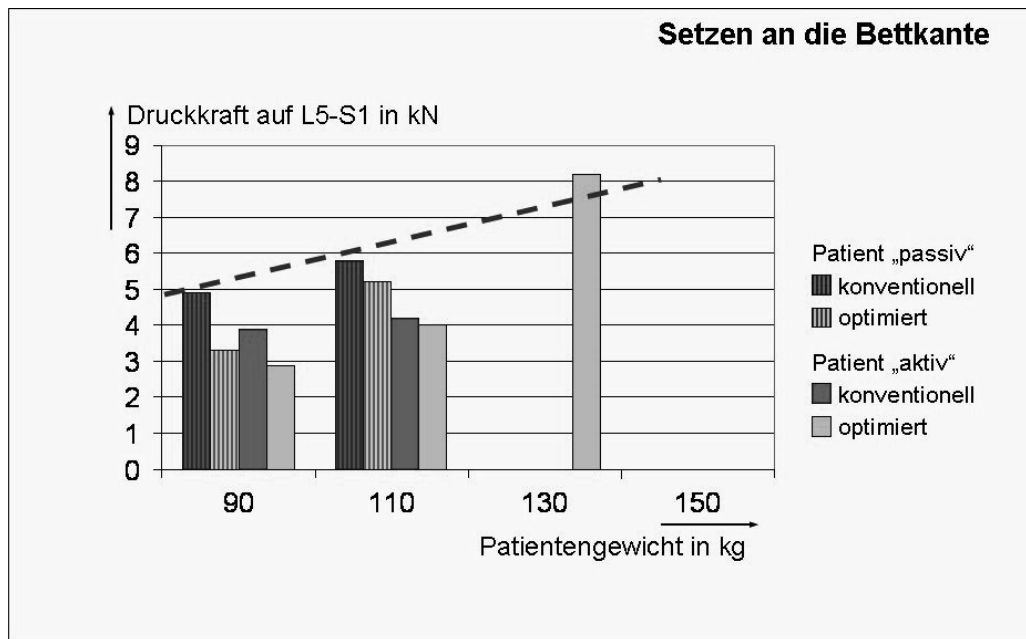
## 2. Methode

Die Wirbelsäulenbelastung wurde mit Hilfe biomechanischer Modellrechnungen mit dem Simulationswerkzeug Der Dortmund (Jäger et al. 2000) ermittelt. Für derartige Berechnungen sind Informationen über die Körperhaltung der Pflegepersonen und die von den Personen ausgeübten Kräfte notwendig. Die Körperhaltungs- und -bewegungserfassung wurde durch Videodokumentationen und den Einsatz eines optoelektronischen dreidimensionalen Marker-Positionsmesssystems gewährleistet (Jordan et al. 2003). Die Analyse der aufgebrachten Kräfte wurde mit Hilfe eines vormals entwickelten sogenannten „Messbetts“ durchgeführt (Theilmeyer et al. 2006). Dieses mit mehreren Kraftsensoren konfigurierte System ermöglicht es, die während des Patiententransfers von der Pflegeperson ausgeübten Aktionskräfte nach Betrag, Richtung und Angriffspunkt zu bestimmen. Auf Basis dieser Körperhaltungs- und Kraftdaten wurden mit dem biomechanischen Simulationsmodell Kennwerte der Wirbelsäulenbelastung wie beispielsweise die Druckkraft auf die unterste Bandscheibe der Lendenwirbelsäule L5-S1 berechnet. In die Untersuchung gingen die Tätigkeiten „Drehen des Patienten auf die Seite“, „Setzen des Patienten an die Bettkante“, „Bewegen des Patienten in Richtung Kopfende des Bettes“ und somit Tätigkeiten mit verschieden hoher Wirbelsäulenbelastung ein, die durch Pflegepersonen unterschiedlichen Gewichts und unterschiedlicher Größe (Konstitution) durchgeführt wurden. Die Patientengewichte variierten in den Stufen 90 kg, 110 kg, 130 kg und 150 kg. Der Aktivitätsgrad der Patienten wurde in „eher aktiv“ und „eher passiv“ klassiert und die Art der Ausführung der Tätigkeit wurde in die Klassen „konventionell“, „optimiert“, „optimiert mit Nutzung Kleiner Hilfsmittel“ und „zu zweit“ eingeteilt.

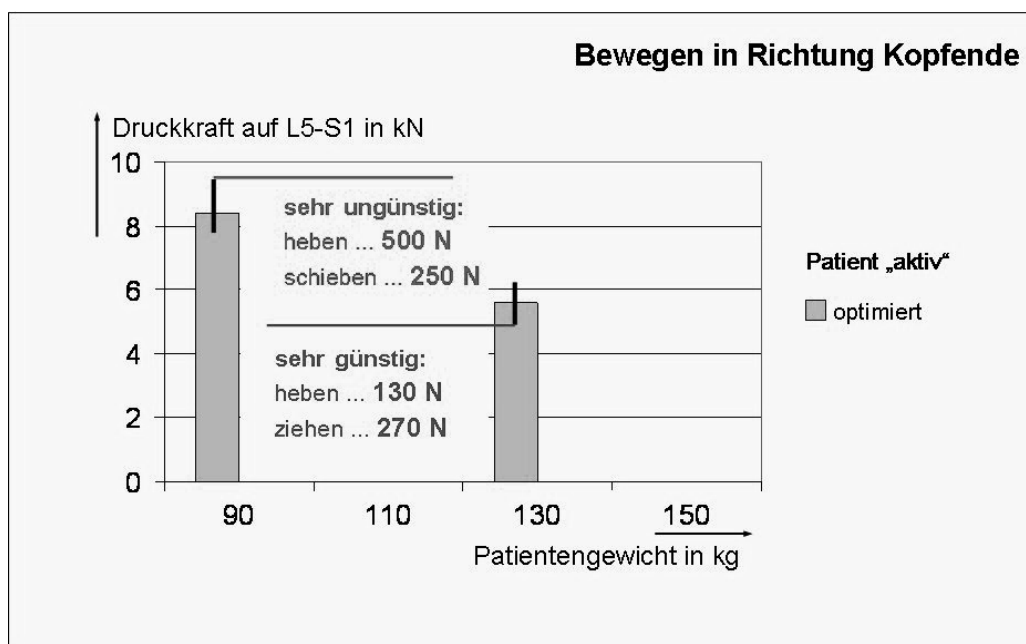
## 3. Ergebnisse

Ein Ziel der hier beschriebenen Untersuchung war es zu prüfen, ob ein Zusammenhang zwischen Patientengewicht und Wirbelsäulenbelastung besteht. Eine Bestätigung eines solchen Zusammenhangs wird an einem Beispiel in Abbildung 1 für die Tätigkeit „Setzen des Patienten an die Bettkante“ verdeutlicht. Bei konventioneller Ausführung mit einem eher passiven Patienten stieg die Bandscheibendruckkraft von etwa 4,9 kN bei 90 kg auf 5,8 kN bei 110 kg. Bei einer optimierten Arbeitsweise trat ebenfalls ein Anstieg ähnlicher Größenordnung auf. Die Erhöhung der Belastung mit steigendem Patientengewicht wurde auch für das Bewegen eines eher aktiven Patienten gefunden. Die Ergebnisse erlauben also insgesamt den Schluss, dass ein positiver Zusammenhang zwischen dem Patientengewicht und der Lendenwirbelsäulenbelastung der Pflegepersonen besteht. In einigen Fällen traten jedoch unerwartete Ergebnisse auf. Ein Beispiel dafür ist die Tätigkeit „Bewegen des Patienten in Richtung Kopfende des Bettes“, die optimiert mit einem eher aktiven Patienten durchgeführt wurde (vgl. Abbildung 2).





**Abbildung 1:** Zusammenhang zwischen der Lendenwirbelsäulenbelastung einer Pflegeperson, gekennzeichnet durch die Druckkraft auf L5-S1, und dem Patientengewicht beim Setzen des Patienten aus liegender Position an die Bettkante bei verschiedenem Mobilitätsgrad des Patienten und verschiedener Arbeitsweise der Pflegeperson



**Abbildung 2:** Biomechanische Erklärung unterschiedlich hoher Wirbelsäulenbelastungen beim optimierten Bewegen verschieden schwerer Patienten zum Kopfende des Bettes

Der Transfer erfolgte in den Patientengewichtsklassen 90 kg, 110 kg und 130 kg. Die Kompressionskraft liegt sowohl in der Gewichtsklasse 90 kg als auch in der Klasse 110 kg bei etwa 8½ kN und in der Klasse 130 kg bei etwa 5½ kN, d.h. die Wirbelsäulenbelastung der Pflegepersonen steigt nicht – wie zu vermuten wäre – mit zunehmendem Patientengewicht an. Dies lässt sich mit der Art der Durchführung erklären: Das Bewegen eines 90-kg-Patienten ergab im ungünstigsten Fall eine Druckkraft von fast 9½ kN. Der Hebeanteil bei der Transfertätigkeit war mit 500 N sehr hoch; zusätzlich wurde eine „Schiebekraft“ von 250 N eingesetzt. Der 130-kg-Patient wurde auf eine wesentlich güns-

tigere Art bewegt: Die aufgebrachte Hebekraft betrug trotz des höheren Patientengewichts mit 130 N lediglich etwa ein Viertel der Hebekraft bei einem leichteren Patienten. Weiterhin wurde der Patient nicht geschoben, sondern durch den Einsatz des eigenen Körpergewichts von der Pflegeperson mit einer Kraft von 270 N eher „gezogen“. Die daraus resultierende biomechanisch begründete Folgerung lautet, dass die Hebekräfte durch die Pflegeperson so gering wie möglich gehalten werden sollten und das eigene Körpergewicht zur Bewegungsausführung genutzt werden sollte.

#### 4. Diskussion

Mit dem hier vorgestellten Forschungsvorhaben sollte geprüft werden, ob ein höheres Patientengewicht mit einer erhöhten Wirbelsäulenbelastung einhergeht. Die Ergebnisse bestätigen in vielen Fällen einen solchen Zusammenhang, jedoch gab es auch Hinweise darauf, dass eine „Rückenschonende“ Art der Tätigkeitsdurchführung einen ebenso großen Einfluss auf die Belastung hat wie das Patientengewicht und eine bedeutende Rolle zu deren Reduzierung spielt. Mögliche Konsequenzen für BK-2108-Verfahren sind die Verwendung höherer Kennwerte der Bandscheiben-Druckkraft, sofern schwergewichtige anstatt normalgewichtige Patienten bewegt werden. Angesichts möglicher Präventionsmaßnahmen wird deutlich, dass beim Bewegen schwergewichtiger Patienten eine biomechanisch angemessene Arbeitsweise für das Pflegepersonal noch stärker zu empfehlen ist als beim Bewegen normalgewichtiger Patienten. Ein Ziel für die Zukunft sollte es sein, spezielle biomechanische Handlungsanweisungen zu entwickeln und den Betroffenen zu vermitteln.

#### 5. Literatur

1. Jäger, M., Luttmann, A., Göllner, R. & Laurig, W. 2000, Der Dortmunder – Biomechanische Modellbildung zur Bestimmung und Beurteilung der Belastung der Lendenwirbelsäule bei Lastenhandhabungen. In: S. Radandt, R. Grieshaber & H. Schneider (Hrsg.), Prävention von arbeitsbedingten Gesundheitsgefahren und Erkrankungen. Leipzig: Monade-Verlag, S. 105-124.
2. Jäger, M., Jordan, C., Theilmeier, A. & Luttmann, A. 2003, Dortmunder Lumbalbelastungsstudie 3: Ermittlung der Belastung der Lendenwirbelsäule bei ausgewählten Pflegetätigkeiten mit Patiententransfer. Teil 1: Entwicklung und exemplarische Anwendung der Methodik. Aachen: Shaker.
3. Jäger, M., Theilmeier, A., Jordan, C. & Luttmann, A. 2005a, Dortmunder Lumbalbelastungsstudie 3: Ermittlung der Belastung der Lendenwirbelsäule bei ausgewählten Pflegetätigkeiten mit Patiententransfer. Teil 2: Belastungskennwerte von sicher gefährdenden Tätigkeiten im Sinne der Berufskrankheit 2108. Aachen: Shaker.
4. Jäger, M., Theilmeier, A., Jordan, C., Luttmann, A. & DOLLY Group 2005b, Biomechanical load on the lumbar spine for health-care workers during patient transfer activities. In: R. Tartaglia, S. Bagnara, T. Bellandi & S. Albolino (Eds.), Proc. Int. Conf. Healthcare Systems Ergonomics and Patient Safety. Leiden: Taylor & Francis, S. 365-369.
5. Jordan, C., Theilmeier, A., Luttmann, A. & Jäger, M. 2003, Lumbar load during care-activities with patient transfer. Part 1: Determination of postures and movements. In: D. de Waard, K.A. Brookhuis, S.M. Sommer & W.B. Verwey (Eds.), Human Factors in the Age of Virtual Reality. Maastricht: Shaker, S. 235-238.
6. Theilmeier, A., Jordan, C., Luttmann, A., Jäger, M. & DOLLY Group. 2006, Measurement of exerted forces for determining nurses' lumbar load during patient transfers. In: R.N. Pikaar, E.A.P. Koningsveld & P.J.M. Settels (Eds.), Meeting Diversity in Ergonomics, CD-ROM paper. Amsterdam: Elsevier.

Danksagung: Ein ganz besonderer Dank gilt Frau Barbara-Beate Beck (Forum fBB Hamburg) und Herrn Dietmar Frenk (Gesundheitsförderung, Herdecke) für die kompetente und konstruktive Zusammenarbeit.

# Entscheidungsunterstützung zur montagegerechten Prozessgestaltung

Thomas KUNZE und Birgit SPANNER-ULMER

*Professur Arbeitswissenschaft, Technische Universität Chemnitz,  
Erfenschlager Straße 73, D-09126 Chemnitz*

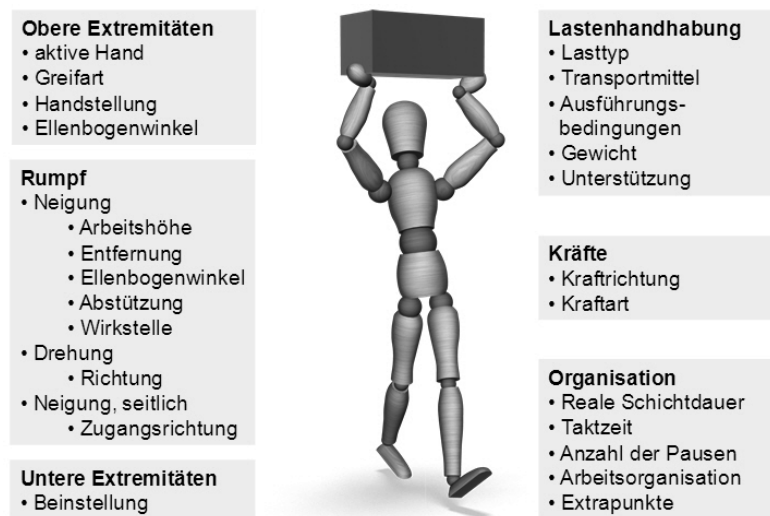
**Kurzfassung:** Physiologische Bewertungsverfahren werden vorwiegend in der korrektiven Arbeitsgestaltung eingesetzt, da Komplexität, Praxiserfahrung und Qualifizierung wesentliche Kriterien der Verfahrensanwendung sind. Mit der Bereitstellung von Standards können bestehende Analyseaufwendungen reduziert, vorhandene Ressourcen effizient eingesetzt, bestmögliche Gestaltungslösungen für den Arbeitsplatz entwickelt und der Einsatz von Bewertungsverfahren in der Konzeption von Arbeitsplätze verbessert werden. Der Beitrag beleuchtet die Notwendigkeit von Standards und zeigt erste Ergebnisse der standardisierten Arbeitsbewertungsprozesse auf.

**Schlüsselwörter:** Bewertung, Planungsphase, Standardisierung.

## 1. Einleitung

„Humanität und Wirtschaftlichkeit bei geringen Gestaltungskosten“ ist ein Kerngedanke der konzeptiven Arbeitsgestaltung. Diese präventiv wirkende und vorausschauende Arbeitsgestaltung setzt in der frühen Planungsphase des zu produzierenden Erzeugnisses an. Kostenvorteile und Chancen zur Arbeitsgestaltung sind am größten, um potenzielle ergonomische Risiken zu erkennen und durch Veränderungen in der Produkt- oder Fertigungsprozessgestaltung zu eliminieren oder auf ein erträgliches Niveau zu senken. Somit unterscheidet sich die konzeptive von der korrektiven Arbeitsgestaltung, welche lediglich als nachbessernd gilt. Hervorgerufene Belastungen in der frühen Planungsphase zu analysieren und auf das Notwendigste zu reduzieren, ist Zielsetzung und zugleich Herausforderung bestehender Bewertungsverfahren. Komplexität, Praxiserfahrung und Qualifizierung sind wesentliche Kriterien der richtigen Anwendung. Darüber hinaus sind modellierte Prozesse mit MTM-Prozessbausteinen wesentliche Voraussetzung für den Einsatz von systemtechnischen Bewertungsverfahren zur Erstellung ergonomischer Risikoanalysen von Tätigkeiten bzw. Arbeitssystemen. Die Komplexität (siehe Abbildung 1) bezieht sich auf die verschiedenen Bewertungskriterien bezogen auf die Körperhaltung, die Aktionskräfte, das Handhaben von Lasten, repetitive Belastungen des Finger-Hand-Arm-System sowie organisatorische Rahmenbedingungen und sind ein entscheidender Grund für den vorwiegenden Einsatz der Bewertungsverfahren in der korrektiven Arbeitsgestaltung. Falls es gelingt, die Komplexitätsanforderungen zu reduzieren und an die spezifischen Anforderungen des Planungsprozesses anzupassen, können sie nachhaltig in die konzeptive Arbeitsgestaltung integriert werden und ihre optimale Wirkung entfalten. Die Herausforderung besteht nun darin, die Kriterien zur Belastungsanalyse und Belastungsbewertung in den einzelnen Phasen des Produktentwicklungs- und Produktherstellungsprozesses zu analysieren und den Merkmalen der Bewertungsverfahren gegenüberzustellen. Weiterhin müssen belastende und wiederkehrende Arbeitssituationen in standardisierter Form dokumentiert und bewer-

tet werden, um die vorhandenen Ressourcen effizient einsetzen zu können. Anhand dieser Vorgehensweise können ungünstige Belastungen bereits in der Fertigungsplanung eliminiert und zu einer Verbesserung der prognostizierten Gestaltungsgüte führen.



**Abbildung 1:** Bewertungskriterien (MTMergonomics)

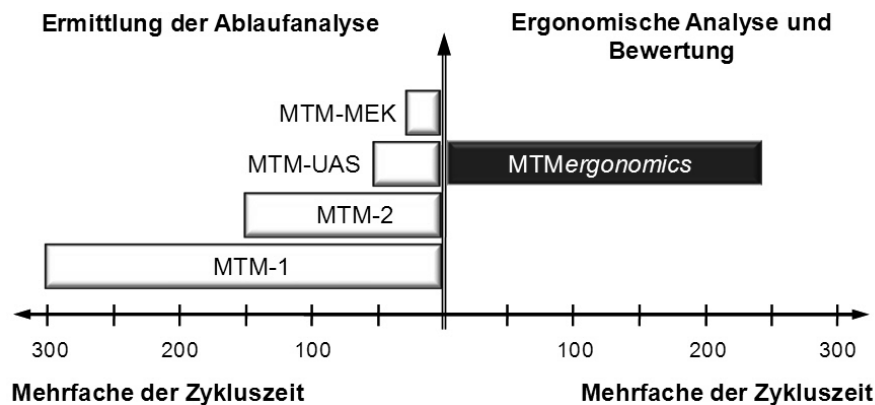
## 2. Standardisierte Arbeitsbewertungsprozesse

Die Professur Arbeitswissenschaft der TU Chemnitz führt bei einem deutschen Automobilhersteller eine Studie zur ergonomischen Analyse und Bewertung von Arbeitsplätzen in den einzelnen Fertigungsbereichen durch. Anhand des erlangten Wissens in der Anwendung von Bewertungsverfahren können Handlungsempfehlungen zur Verbesserung des Einsatzes bestehender Bewertungsverfahren in der konzeptiven Arbeitsgestaltung abgeleitet werden.

### 2.1 Ausgangssituationen

Die ergonomische Analyse und Bewertung der Arbeitsplätze erfolgt durch das Softwaremodul MTMergonomics der TiCon-Familie. Es basiert auf dem arbeitswissenschaftlich begründeten Bewertungsverfahren „European Assembly Worksheet“ (EAWS) und wurde in Kooperation zwischen der Deutschen MTM-Organisation und dem Institut für Arbeitswissenschaft, Darmstadt entwickelt. Durch MTMergonomics können körperliche Belastungen in eine ergonomische Risikoanalyse überführt und bewertet werden. Wesentliche Grundvoraussetzungen sind mit MTM-Prozessbausteinen modellierte Prozesse sowie theoretische und praktische Schulungen mit ausreichenden Kenntnissen in der Ergonomie, im MTM-Prozessbausteinsystem und der Anwendung des EAWS. (Bokranz & Landau 2006) Abgeleitet aus den Grundvoraussetzungen der Systemanwendung und den erzielten Analyseerfahrungen in der korrektiven Arbeitsgestaltung ist ein 240facher Analyseaufwand der Zykluszeit (siehe Abbildung 2) notwendig, um vorhandene Arbeitsplätze zu bewerten. Das Messen und Beobachten des zu analysierenden Arbeitsvorganges vor Ort, die Vielzahl an Bewertungskriterien und der hohe Detaillierungsgrad in der ergonomischen Risikoanalyse wirken sich wesentlich auf die Analyseaufwendungen aus. Insbesondere die Bewertung von verschiedenen Kriterien für jede Geometrie, welche eine Zeit in einer

konstanten Belastungssituation kennzeichnet, erfordert die Auswahl von insgesamt 67 Merkmalsausprägungen und das Eintragen von Kennzahlen in 6 Datenfeldern.



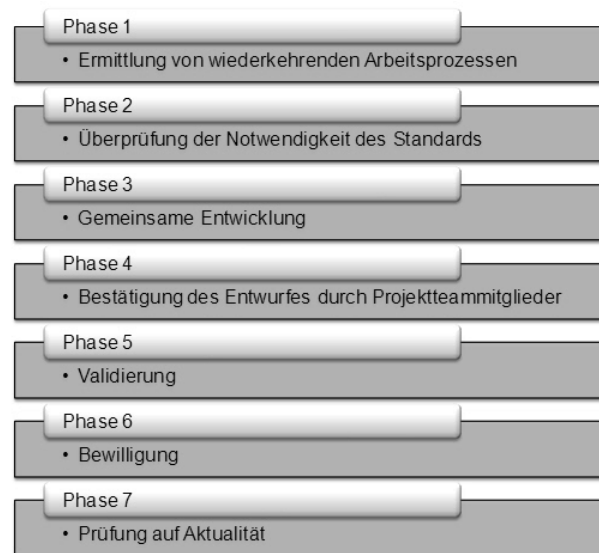
**Abbildung 2:** Aufwand zur ergonomischen Analyse und Bewertung (SwissMTM 2009)

Das Messen und Beobachten des zu analysierenden Arbeitsvorganges vor Ort, die Vielzahl an Bewertungskriterien und der hohe Detaillierungsgrad in der ergonomischen Risikoanalyse wirken sich wesentlich auf die Analyseaufwendungen aus. Insbesondere die Bewertung von verschiedenen Kriterien für jede Geometrie, welche eine Zeit in einer konstanten Belastungssituation kennzeichnet, erfordert die Auswahl von insgesamt 67 Merkmalsausprägungen und das Eintragen von Kennzahlen in 6 Datenfeldern. Allerdings wirkt sich der Komplexitätsgrad der Bewertungskriterien nicht nur auf die Analyseaufwendungen aus, sondern kann auch zu systematischen Fehlern bzw. Abweichungen innerhalb der ergonomischen Risikoanalyse führen. Sie sind auf vorhandene Störung des Analyseverfahrens zurückzuführen und beruhen beispielsweise auf mangelhafte Messgeräte oder wiederholend falsche persönliche Verfahrensweisen der Analytiker (Chapanis 1951). Insbesondere der Einsatz von mehreren Analytikern entlang des Produktentwicklungs- und Produktherstellungsprozesses birgt die Gefahr von systematischen Fehlern. Unterschiedliche Qualifikation, Informationsbereitstellung und Wahrnehmung des zu analysierenden Arbeitsprozesses führen zu abweichenden Analyseergebnissen und unzureichenden Handlungsempfehlungen. Um die ermittelten Analyseaufwendungen und systematischen Fehler auf ein Minimum zu reduzieren, sind standardisierte Arbeitsprozesse entlang der gesamten Wertschöpfungskette zu identifizieren und durch Einbeziehung der Bereiche von der Entwicklung bis zur Fertigung umzusetzen (Winter & Schaub 2004).

## 2.2 Arbeitssituationen in standardisierter Form

Mit Standards werden aus praktikablen Arbeitsweisen standardisierte Abläufe entwickelt und im Detail festgeschrieben. Sie sind von mehreren Teilnehmern akzeptiert und umgesetzt (Söllner 2006; Landau 2007). Die Erarbeitung von Standards erfolgt in 7 Phasen (siehe Abbildung 3) und erfordert erhöhten Einsatz eines interdisziplinären Teams. Dieses Team besteht aus Mitarbeitern der Planung, des Industrial Engineering, der Fertigung, den Arbeitnehmervertretern und den zukünftigen Analytikern, um eine einheitliche Ablaufbeschreibung mit der optimalen Arbeitsplatzgestaltung ohne zeitraubenden Datenabgleich zu erzielen. Ziel der Zusammenarbeit ist neben der Standardisierung von wiederkehrenden Arbeitsbewertungsprozessen, die Erzielung eines Ergonomie-Verständnisses und eines einheitlichen Qualifizierungsstandes bei den beteiligten Personen.





**Abbildung 3:** Phasen zur Erarbeitung von Standards

### 3. Ergebnisse

Ein Ergebnis dieser Lösungsansätze ist das „Umsetzen eines Kleinladungsträgers (KLT)“ innerhalb eines Materialregals. Dieser wiederkehrende Arbeitsprozess erfolgt innerhalb von Montagetätigkeiten mit Clips, Schrauben, Nieten oder anderen Klein-teilen. In Abhängigkeit der Ladungsträgeranzahl und des -gewichtes konnte die bestmögliche Gestaltung des Materialregals abgeleitet werden. Weitere standardisierte Arbeitsprozesse sind zum Beispiel die „Montageanweisung lesen“, das „Ein- und Aussteigen in den Fahrzeuginnenraum“, das „Verschrauben der Schraube“ oder die „Heck- und Frontklappe öffnen bzw. schließen“.

Diese entwickelten Standards bilden erste Empfehlungen für die ergonomische Arbeitsgestaltung, reduzieren die Analyseaufwendungen, minimieren systematische Fehler und können maßgeblich die Analyse und Bewertung von Arbeitsplätzen in der konzeptiven Arbeitsgestaltung unterstützen.

### 4. Literatur

1. Bokranz R. & Landau K. 2006, Produktivitätsmanagement von Arbeitssystemen: MTM-Handbuch. Stuttgart: Schäffer-Poeschel, S. 449-452.
2. SwissMTM 2010, MTM-Ein homogenes Konzept, Zeitberechnungs-Unterlagen als besondere Stärke der MTM-Technik. Im Internet verfügbar unter: [http://www.swissmtm.com/geschichte-homogenes-konzept-c-4\\_25\\_31.html](http://www.swissmtm.com/geschichte-homogenes-konzept-c-4_25_31.html).
3. Capanis A. 1951, Theory and method for analyzing errors in man-machine systems, Annals of the New York Academy of Science, 51, 1179-1203.
4. Winter G. & Schaub K. 2004, Von der mechanisierten zur digitalen Fabrik. In: K. Landau (Hrsg.), Montageprozesse gestalten, Fallbeispiele aus Ergonomie und Organisation. Stuttgart: Ergonomia, S. 18.
5. Kleinaltenkamp, M. & Plinke, W., Jacob, F. & Söllner, A. 2006, Markt- und Produktmanagement, Die Instrumente des Business-to-Business-Marketing, 2. Auflage. Wiesbaden: Gabler, S. 22.
6. Landau, K. (Hrsg.) 2007, Lexikon Arbeitsgestaltung, Best Practice im Arbeitsprozess. Stuttgart: Universum Verlagsanstalt, 103-106.
7. Schmauder & Finsterbusch, 2009, 7. Chemnitz Fachtagung, VPP, MTM-Prozessbausteine als Informationsträger zur interdisziplinären Produktionsplanung und Fertigung, Chemnitz, S. 123-129.



## **Altersdifferenzierte Arbeitssystemgestaltung**



## Ältere lernen schlechter – oder nicht? Verschiedene Operationalisierungen von Lernerfolg führen zur differenzierten Betrachtung von Alterszusammenhängen

Sonja BAUSCH, Katrin NOEFER, Ralf STEGMAIER und Karlheinz SONNTAG

*Abteilung für Arbeits- und Organisationspsychologie, Universität Heidelberg,  
Hauptstraße 47-51, D-69117 Heidelberg*

**Kurzfassung:** Angesichts alternder Belegschaften sind Personalentwicklungsmaßnahmen und Trainings zunehmend wichtig, um eine durchgehend hohe Arbeitsqualität aller Beschäftigten zu gewährleisten. In Zusammenhang damit interessiert, inwieweit sich Mitarbeiter im beruflichen Lernen altersspezifisch unterscheiden und ob für verschiedene Altersgruppen bestimmte Bedingungen zu einem höheren Lernerfolg führen. Im Rahmen des Projektes ZEuS wurde für ein breites Altersspektrum ein 2,5-stündiges Online-Training zum Zeit- und Selbstmanagement auf Basis des Beobachtungslernens (Behavior Modeling Training, BMT) entwickelt. Der Lernerfolg wurde mittels Prä-, Post- und Follow-Up-Test als deklaratives Wissen, angewandtes Wissen und Verhaltensselbsteinschätzung gemessen. Alle Messzugänge zeigten für alle Altersgruppen signifikante Lernerfolge. Durch verschiedene Operationalisierung des Lernerfolgs ergab sich aber ein differenziertes Bild: Während ältere Lerner bei der Messung des deklarativen Wissens schwächer waren, zeigte sich bei angewandtem Wissen und Verhaltensänderungen kein Unterschied. Hier zeigte sich dagegen ein positiver Effekt durch altersadaptierte Lernbedingungen. Ältere bewerteten das e-Learning-Programm zudem positiver als Jüngere. Ausgehend hiervon scheinen neue Medien durchaus als Lernmedium für Ältere geeignet. Die Ergebnisse legen zusätzlich nahe, dass die Operationalisierung von Lernerfolg im Alterskontext entscheidend dafür sein kann, welche Zusammenhänge sich zeigen.

**Schlüsselwörter:** Alter, Lernen, e-Learning, Behavior Modeling.

### 1. Einleitung

Ein ansteigendes Alter der Mitarbeiter stellt Personalentwickler und Trainer vor die Herausforderung, die Leistungsfähigkeit aller Beschäftigten, aber gerade auch der älteren, zu erhalten. Zur Gestaltung entsprechender Trainingsmaßnahmen sind neben Inhalten, Umsetzung und Lernmedium auch die Vorkenntnisse des Lerners, sowie seine „Lernfähigkeit“ oder „Trainierbarkeit“ bedeutsam. Bei älteren Mitarbeitern wird häufig von reduzierter Leistungsfähigkeit ausgegangen und in dem Zusammenhang kognitive Einbußen mit zunehmendem Alter genannt. Altersspezifische Veränderungen sind zwar unstrittig, es ist aber einzuschränken, dass Alterungsprozesse nicht allgemein, sondern in einzelnen Teilbereichen und individuell sehr verschieden verlaufen und teilweise kompensiert werden können (vgl. Baltes & Baltes 1990; Kliegel 2007; Schaie & Willis 1993). Auch tragen negative Altersstereotype dazu bei, dass Ältere sich weniger zutrauen und seltener an Trainingsmaßnahmen teilnehmen, was zur schwächeren Lern- und Leistungsfähigkeit betragen kann. Studien mit Focus

auf den demographischen Wandel heben dagegen bei Älteren stärker die Expertise hervor.

Der nachfolgende Beitrag soll Anregungen zu einer differenzierten Betrachtung der Zusammenhänge von Lernerfolg und Alter geben. Hierfür wurde Lernerfolg verschieden operationalisiert und der Einfluss von Alter sowie von spezifischen Lernbedingungen überprüft.

## **2. Stand der Forschung und Umsetzung im Programm ZEuS**

Die Realisierung der Studie erforderte eine Trainingskonzeption, die vielen Lernern unterschiedlichen Alters die Teilnahme ermöglichte und in der die Lernbedingungen gezielt variiert werden konnten. Maurer et al. (2003) konnten zeigen, dass ein altersgerechtes Training den Nutzen für Ältere erhöht. Es wurde daher angestrebt, spezifische Lernanforderungen Älterer umzusetzen, ohne ein „Programm nur für eine ältere Zielgruppe“ zu erstellen.

Zur Umsetzung entwickelten wir das 2,5-stündige e-Learning-Programm „ZEuS“ zum Zeit- und Selbstmanagement. In drei Modulen wurden jeweils einführend Inhalte verdeutlicht und Lernpunkte vermittelt, diese in Videos praxisnah veranschaulicht und das erworbene Wissen anschließend in interaktiven Lernübungen gefestigt. Eine Vorbefragung, eine Nachbefragung, sowie Prä- und Posttest-Übungen wurden ebenfalls online integriert. Sechs Wochen später schloss sich eine Online-Nachbefragung an.

Das ZEuS-Programm basiert auf Banduras (1986) Ansatz des Behavior Modeling Trainings, BMT. Das Konzept beinhaltet das Beobachten des Modells, gedankliche Auseinandersetzung mit beobachtetem Verhalten, Einüben von Lernpunkten sowie Feedback. Dadurch werden Lernvorgänge ausgelöst und beobachtetes Verhalten nachgeahmt. Chen et al. (2006) konnten zeigen, dass online-BMTs nahezu gleich effektiv sind, wie auf Präsenz-BMTs, weshalb wir ZEuS als e-Learning Programm umsetzten. Callahan et al. (2003) zeigten metaanalytisch, dass Behavior Modeling Training eine Trainingsmethode ist, die sich für Ältere besonders gut eignet. Verbindet man die genannten Ergebnisse, so ist anzunehmen, dass auch ein online-BMT für Ältere lernförderlich ist.

Obwohl Behavior Modeling Training (BMT) eine anerkannte Trainingsmethode ist, gibt es nur wenig Forschung zu Zusammenhängen zwischen BMT und Alter. Bisherige Forschung legt nahe, dass eine höhere Ähnlichkeit von beobachtetem Modell und Lerner den Lernerfolg begünstigt. Uns ist jedoch keine Studie bekannt, die eine Wirkung der altersspezifischen Übereinstimmung von Lernmodell und Lerner thematisiert hat. Wir überprüften daher gezielt die Zusammenhänge von Lernerfolg aufgrund des ZEuS-Trainings mit Alter, sowie die Wirkung von Alterskongruenz auf den Lernerfolg. Da Einzelstudien und auch Metaanalysen, je nach Operationalisierung, von sehr verschiedenen Zusammenhängen der Lernerfolgsmaße untereinander berichten (vgl. Alliger et al. 1997; Colquitt et al. 2000; Kraiger et al. 1993), wurde Lernerfolg in dieser Studie mittels unterschiedlicher Messzugänge erhoben.

## **3. Operationalisierung von Lernerfolg und Studiendesign**

Der Lernerfolg wurde verschieden operationalisiert: a) Als direktes, benennbares Faktenwissen (deklaratives Wissen). Hier war von den Teilnehmern vor und nach

dem Training ein Lückentext zum Zeit- und Selbstmanagement mittels Multiple Choice Antworten auszufüllen. Der Zuwachs korrekter Antworten im Vergleich vor und nach dem Training belegt einen Lernerfolg, b) als Anwendungswissen: Vor- und nach dem Training wurden die Trainingsteilnehmer gebeten, anhand dreier Szenarien die Güte des Zeit- und Selbstmanagements dargestellter, fiktiver Personen einzuschätzen. Als Lernerfolg sollte nach dem Training eine sensiblere Wahrnehmung von gutem oder schlechtem Zeitmanagement - und damit eine präzisere Szenarieneinschätzung gegeben sein. Diese Messung geht über direktes Faktenwissen hinaus und beinhaltet bereits zeitnahen Transfer und die Anwendung des Gelernten. Des Weiteren wurde Lernerfolg c) als Selbsteinschätzung des eigenen Zeit- und Selbstmanagementverhaltens gemessen. Dafür wurde die Nutzung von Zeit- und Selbstmanagement-Strategien vor dem Training und sechs Wochen nach Trainingsende erfragt. Ergänzend ermittelten wir d) affektive Komponenten des Lernerfolgs mittels subjektiver Beurteilung von Lernerfolg und Kurszufriedenheit durch die Trainingsteilnehmer.

287 Personen zwischen 18 und 76 Jahren ( $M=39,32$ ,  $SD=11,81$ ) schlossen den Prä- und den Posttest des Lernprogramms erfolgreich ab. An der Befragung, sechs Wochen nach Trainingsende, nahmen 147 Personen teil. Die Lerner wurden anhand ihres eigenen Alters in junge, mittlere und ältere Lerner gruppiert (18-33, 34-48, 49-max.) und randomisiert den folgenden drei Bedingungen zugeordnet. Sie sahen entweder das Programm mit a) einem jungen Lernmodell b) einem Modell mittleren Alters oder c) mit einem älteren Lernmodell (25, 40, 55 Jahre). Daraus ergibt sich ein 3x3 Versuchsdesign, in dem vor allem direkte Effekte durch das Alter des Lerner, und Effekte durch das Beobachten eines alterskongruenten Modell auf die verschiedenen Lernerfolgsmessungen interessierten. Bezüglich der verschiedenen Operationalisierungen von Lernerfolg zeigten sich verschiedenen Alters- und Alterskongruenzeffekte, die nachfolgend zusammengefasst werden.

#### 4. Ergebnisse

Es zeigte sich altersunabhängig ein signifikanter Lernerfolg durch das ZEuS-Training bei allen Lernerfolgsmessungen und die Daten geben keinen Hinweis auf einen ungewollten Haupteffekt allein durch das beobachtete Lernmodell.

Altersbezogenen Unterschiede: Im Vergleich der Prä – und Posttestwerte, bezogen auf das deklarative Wissen, zeigten Jüngere im Durchschnitt einen größeren Erfolg als mittlere und ältere Lerner ( $F=9,59$ ,  $p<.001$ ). Trotz des größeren Lernzuwachses im deklarativen Wissen gaben die Jüngeren jedoch eine geringere Kurszufriedenheit an ( $F=12,18$ ,  $p<.001$ ) und schätzten ihren Lernerfolg durch ZEuS geringer ein ( $F=10,48$ ,  $p<.001$ ). Dem entgegen unterschieden sich die drei Altersgruppen weder im „Lernerfolg angewandtes Wissen“ noch im „Lernerfolg Verhaltensänderung“.

Unterschiede durch die Alterskongruenzbedingung: Bei Analyse des Lernerfolgs im deklarativen Wissen, Kurszufriedenheit und subjektiver Lernerfolgseinschätzung zeigte sich keine Überlegenheit derer, die das alterskongruente Modell gesehen hatten. Dagegen zeigten junge, mittlere und ältere Lerner, die mit einem alterskongruenten Modell gelernt hatten, einen signifikant größeren Lernerfolg, bezogen auf das angewandte Wissen ( $F=3,99$ ,  $p<.05$ ) und bezogen auf die langfristige Änderung ihres Zeit- und Selbstmanagementverhaltens ( $F=5,58$ ,  $p<.05$ ).

**Tabelle 1:** Übersicht der Zusammenhänge von Lernerfolg, Alter und Alterskongruenz

Operationalisierung des Lernerfolgs	Altersgruppe Lerner	Alterskongruenz
<b>Lernerfolg im Wissenstest</b> (Prä-Post-Vergleich)	x	n.s
<b>Selbsteinschätzung Verhaltensänderung</b> (Prä-FollowUp-Vergleich)	x	n.s
<b>Lernerfolg Anwendungswissen</b> (Prä-Post-Vergleich)	n.s	x
<b>Subjektiv eingeschätzter Lernerfolg</b> (nur Postmessung)	n.s	x

x= signifikanter Zusammenhang

n.s.= Zusammenhang nicht signifikant

Wie Tabelle 1 verdeutlicht, zeigen sich, entsprechend der Operationalisierung, sehr verschiedene Zusammenhänge von Lernerfolg und Alter. Dies spiegelt die Heterogenität bisheriger Befunde wider. Der Effekt zugunsten der jüngeren Lerner im Wissenstest könnte darin begründet liegen, dass zu dieser Gruppe bevorzugt Berufsanfänger und Studenten gehören, die sehr geübt im Lernen sind und einen anderen Referenzrahmen bezüglich Lernerfolg für sich definieren. Die Ergebnisse könnten jedoch auch darauf hinweisen, dass deklaratives Wissen als „cognitive outcome“ (vgl. Colquitt et al. 2000) eine Reduzierung kognitiver Ressourcen der Älteren zeigt. Dagegen könnte, bezogen auf das angewandte Wissen, gerade die Expertise Älterer positiv wirken. Ein Anknüpfen an vorhandenes Wissen kann mit zunehmendem Alter evtl. kompensatorisch wirken und so zum gleichbleibend guten Lernerfolg führen. Besonders hervorzuheben ist, dass sich die Wirkung der Alterskongruenzbedingung nur dort zeigt, wo der direkte Alterseffekt nicht auftritt. Weitere Analysen zu komplexeren Wirkzusammenhängen und Wechselwirkungen von Lernerfolg, Alter und Alterskongruenz sollen im Rahmen dieses Projektes folgen.

## 5. Literatur

1. Alliger, G.M., Tannenbaum, S.L., Bennett, W. Jr., Traver, H. & Shetland, A. 1997, A meta-analysis of the relations among training criteria, *Personnel Psychology*, 50, 341-358.
2. Bandura, A. 1986, *Social foundations of thought and action: A social cognitive theory*. Englewood, Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
3. Chen, C., Ryan, T. & Olfmann, L. 2006, Online behavior modeling: An effective and affordable software training method, *International Journal of Web-Based Learning and Teaching Technologies*, 1, 36-53.
4. Callahan, J.S., Kiker, D.S. & Cross, T. 2003, Does method matter? A meta-analysis of the effects of training method on older learner training performance, *Journal of Management*, 29, 663-680.
5. Colquitt J.A., LePine, J.A. & Noe, R.A. 2000, Toward an integrative theory of training motivation: A meta-analytic path analysis of 20 years of research, *Journal of Applied Psychology*, 85, 678-707.
6. Maurer, T.J., Weiss, E.M. & Barbeite, F.G. 2003, A model of involvement in work-related learning and development activity: The effects of individual, situational, motivational, and age variables, *Journal of Applied Psychology*, 88, 707-724.



# Auswirkung eines Chaku-Chaku-Montagesystems auf die älteren Beschäftigten am Beispiel der Abgasanlagen-Montage

José Alonso ENRIQUEZ DIAZ<sup>1</sup>, Ekkehart FRIELING<sup>1</sup>, Jens THIEMICH<sup>1</sup> und Stefan KREHER<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Institut für Arbeitswissenschaft und Prozessmanagement, Universität Kassel, Heinrich-Plett-Str. 40, D-34109 Kassel*

<sup>2</sup> *Volkswagen AG, Werk Kassel, Postfach 1451, D-32219 Baunatal*

**Kurzfassung:** In dem vorliegenden Untersuchungsfeld „Abgasanlagen-Montage“ werden arbeitswissenschaftliche Daten erhoben und mit einem alternativen Chaku Chaku- Montagesystem verglichen. Die Stichproben der beiden Arbeitssysteme bestehen aus N=23 (überwiegend Männer) bzw. 18 Montagebeschäftigten (überwiegend Frauen). Zur Erfassung der körperlichen Belastungen und den Einstellungen zur Arbeitstätigkeit kommen objektive und subjektive Verfahren zum Einsatz. Die empirischen Befunde zeigen mit welchen Risiken und Chancen eine Beschäftigung älterer Arbeitnehmer an derart gestalteten Arbeitssystemen verbunden ist. Aus den empirischen Befunden werden Gestaltungsempfehlungen abgeleitet.

**Schlüsselwörter:** Demografischer Wandel, Chaku Chaku- Montagesystem.

## 1. Einleitung

Der demographische Wandel in Deutschland und vielen anderen industriellen Ländern stellt eine große Herausforderung dar. Hierbei sind typische industrielle Branchen mit personalintensiven Fertigungs- und Montageprozessen, wie die Automobilindustrie, der Alterung der Belegschaft unmittelbar ausgesetzt. Darüberhinaus lässt sich aufgrund der scharfen Wettbewerbsbedingungen die Einführung neuer Produktionsstrategien in der Automobilindustrie erkennen. Hierbei wird das größte Augenmerk auf die Leistungsfähigkeit des Menschen als Mitarbeiter gelegt (vgl. Korge & Lentjes 2009). In diesem Zusammenhang scheint die Fragestellung, inwiefern Mitarbeiter im zunehmenden Alter den psycho-physischen Anforderungen von neu eingeführten Montagekonzepten entsprechen können, sinnvoll zu sein. Im Rahmen des von der „Deutschen Forschungsgemeinschaft“ finanzierten Projektes „Alternsgeeignete Arbeitssystemgestaltung in der Automobilmontage“ ist diese Thematik aus arbeitswissenschaftlicher Sicht zur Diskussion zu stellen.

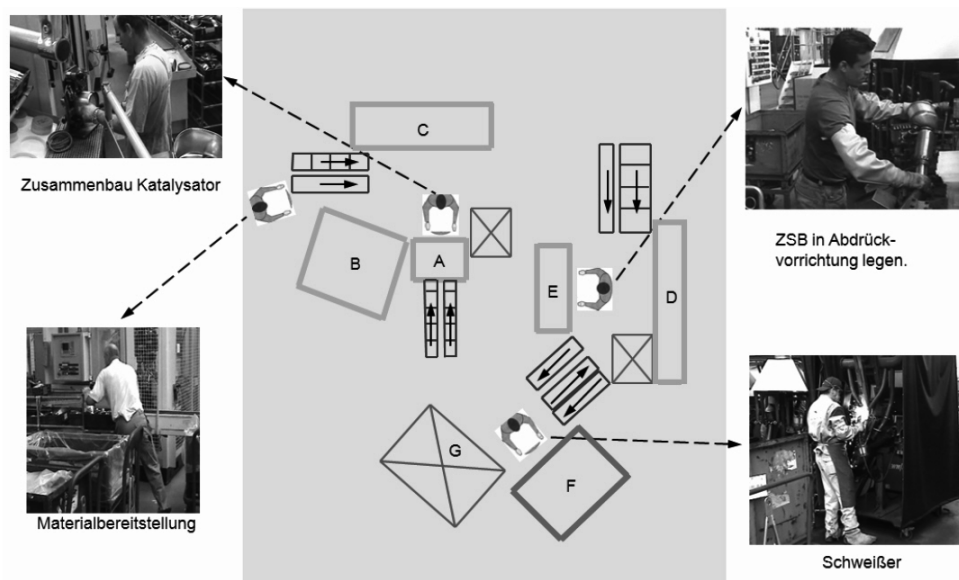
## 2. Methode

In der Abgasanlage-Montage (AGA) werden zu Vergleichszwecken dieselben Analysemethoden eingesetzt, wie in der Handbremshebel-Montage (HBH). Im Folgenden werden ausgewählte Ergebnisse aus dem Nordischen Fragebogen zu Beschwerden am Bewegungsapparat (Kuorinka et al. 1987; Caffier et al. 1999) berichtet. Zur Beanspruchungsmessung bezüglich Monotonie-, Sättigungs- und Ermü-

derungserleben zu Schichtbeginn und -ende (über Früh-, und Nachtschicht) werden die BMS-Skalen nach Plath & Richter (1984) eingesetzt.

## 2.1 Untersuchtes Arbeitssystem

In der Abgas-Anlagen-Montage erfolgt der Zusammenbau der Abgaskrümmen, Katalysatoren, Partikelfilter, Schalldämpfer, Rohrleitung sowie Verbindungselemente in vier nach dem Chaku-Chaku Prinzip verketteten Montageinseln. Insgesamt arbeiten 27 Mitarbeiter im Team (überwiegend Männer). Die Taktlänge beträgt ca. 72 sec. Abbildung 1 zeigt eine vereinfachte Darstellung der „Produktionsinsel 03“. Es handelt sich um vier Steharbeitsplätze. Die Montage- und Kontrolltätigkeiten (Be- und Entladen) werden hier von zwei Mitarbeitern in Taktrhythmus durchgeführt. Ein dritter Mitarbeiter beschäftigt sich vorwiegend mit dem Schweißen dünnwandiger Bleche. Die Materialbereitstellung von Montageteilen wird von einem vierten Mitarbeiter durchgeführt. Eine derartige Betriebsweise findet man auch in der Handbremshebel-Montage (siehe hierzu Spanner-Ulmer et al. 2009). Dort sind überwiegend Frauen beschäftigt und die Taktlänge liegt bei 25 sec.



**Abbildung 1:** Abgasanlage-Montage – allgemeines Layout mit Darstellung der vier Arbeitsplätze

## 2.2 Stichprobe

An der Untersuchung nahmen 23 Mitarbeiter teil. Das Durchschnittsalter liegt zur Zeit der Untersuchung bei 42 Jahren (Standardabweichung: 8,9 Jahre). Die aktuelle Tätigkeit wird im Durchschnitt 15 Jahre ausgeübt.

## 3. Ausgewählte Ergebnisse

### 3.1 Körperliche Belastung

Eine ergonomische Bewertung der Tätigkeiten an zwei Montageinseln wurde auf Basis betriebsinterner Planungsdaten durchgeführt. Mithilfe des European Assembly Worksheet Verfahrens – EAWS (Schaub & Ghezal-Ahmadi 2007) werden ergono-

misch ungünstige Arbeitssituationen dokumentiert und analysiert. Der Schwerpunkt liegt in der Auswertung von Körperhaltungen, Aktionskräften und der Handhaben von Lasten.

Die nach dem System vorbestimmter Zeiten (MTM) berechneten EAWS-Werte ergibt für die Montagearbeitsplätze mit vorwiegender Entnahme- und Auflegetätigkeit (siehe Abbildung 1) eine körperliche Belastung im „grünen“ Risikobereich. Dieses Ergebnis deutet auf „eine geringe körperliche Belastung“ hin. Aus ergonomischer Sicht sind auf der Basis der EAWS-Daten „keine Maßnahmen erforderlich“. In gleicher Weise liegt die Bewertung des Schweißarbeitsplatzes im „gelben“ Risikobereich. Es handelt sich hier um eine „erträgliche körperliche Belastung“. Die Bewertung beruht z.T. auf der ungünstigen Rückenhaltung während der Schweißstätigkeit (gebeugt und gedreht).

### *3.2 Subjektive Beschwerden am Bewegungsapparat*

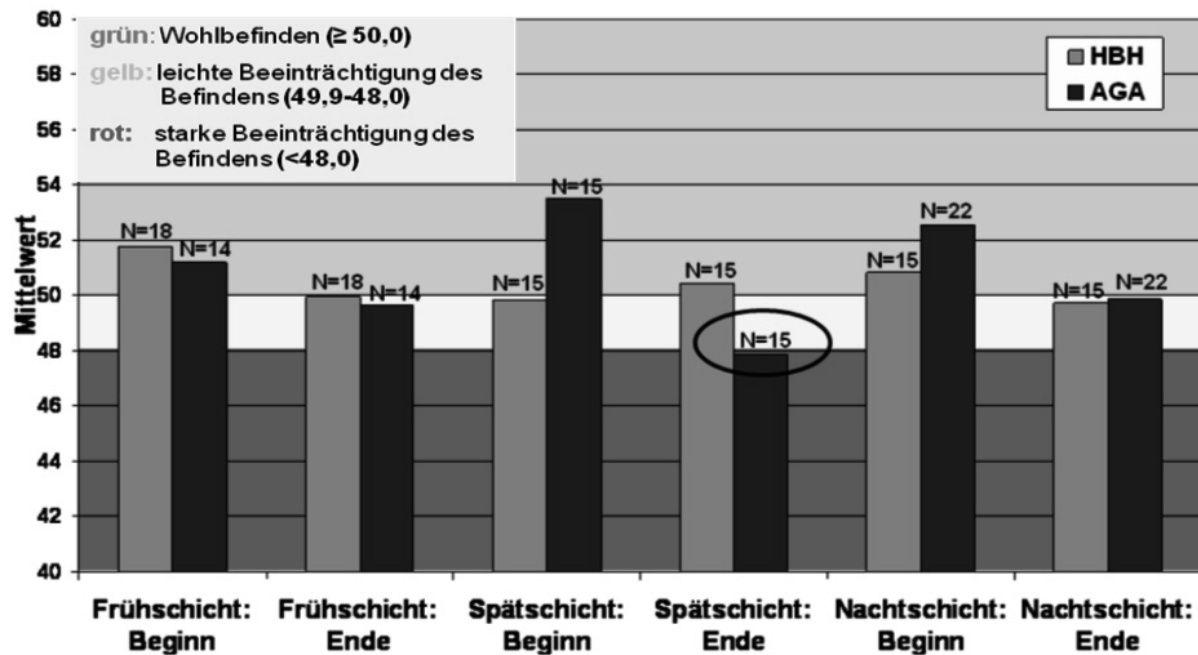
Mithilfe des Nordischen Fragebogens (Kuorinka et al. 1987; Caffier et al. 1999) wurden die Körperregionen erfasst, in denen die Beschäftigte der Handbremshebel- und Abgasanlagen-Montage in den letzten zwölf Monaten körperliche Beschwerden verspürt haben. Es fällt auf, dass Beschwerden im Bereich „unterer Rücken“ am meisten angegeben werden (72% bei der HBH-Montage und 65% bei der AGA-Montage).

Ebenso wird ersichtlich, dass sich die Montagearbeiter der Abgasanlagen-Montage (AGA) häufiger über Beschwerden im Bereich „Handgelenk und Hände“ (ca. 52%) im Vergleich zu denen der Handbremshebel-Montage (HBH) beklagen (ca. 33%). Vergleichswerte für Deutschland (BiBB/BAuA-Befragung 2005/2006) liegen im Bereich „unterer Rücken“ bei ca. 43%, die Werte für den Bereich Nacken/Schulter bei 44% und für die Arme bei 20%, sie sind also in allen Fällen niedriger als in der vorliegenden Untersuchung.

### *3.3 Psychische Fehlbeanspruchung*

Zur Erfassung möglicher psychischer Auswirkungen des Stressempfindens bei den Beschäftigten kam die von Plath und Richter entwickelte BMS-Methode (Plath & Richter 1984) für Bedien- und Montagetätigkeiten (BMS I) zum Einsatz. Abbildung 2 zeigt exemplarisch die Ergebnisse erlebter psychischer Sättigung für den Bereich Abgasanlagen- sowie Handbremshebel-Montage im Vergleich.

Es fällt auf, dass eine Steigerung der Sättigungsgefühle für beide Gruppen (Männer sowie Frauen) am Ende jeder Schicht auftreten. Auf diese Weise erreichen die Sättigungswerte bei der AGA den „roten Bereich“ in der Bewertungsskala (Starke Beeinträchtigung des Befindens). Damit wird ein Zustand gesteigerter Gereiztheit und Widerwillens gegenüber der Fortsetzung der Montagetätigkeiten verstanden (vgl. Plath & Richter 1984), der zu einer erhöhten Anspannung führen kann (Ulich 1998). Hierbei liegt der Gedanke nahe, dass die Gleichförmigkeit der Montagetätigkeiten in Verbindung mit mangelndem Tätigkeitswechsel (z.B. aufgrund unterschiedlicher Qualifikationsanforderungen) zum Auftreten von psychischer Sättigung führen kann. Dennoch sind genau wie bei der Monotonie und Ermüdungsmessung emotionale Bewertungen als störende Einflüsse nicht auszuschließen.



**Abbildung 2:** Darstellung der BMS-Werte für Sättigung (Plath & Richter 1984) „Beginn- Ende“ getrennt nach Früh-, Spät- und Nachtschicht

#### 4. Schlussfolgerungen

Im Rahmen des DFG-Projektes „Alternsgerechte Arbeitssystemgestaltung in der Automobilmontage“ wird eine umfangreiche Evaluation neuer Produktionssysteme durchgeführt. Mitglieder der Produktion, Betriebsrat, Industrial Engineering, Gesundheitswesen, Personalabteilung sowie Mitglieder der Universität Kassel nahmen an der Erarbeitung von Verbesserungsmaßnahmen (z.B. Qualifikationsmaßnahmen, Farbgestaltung, Lärminderung) teil.

#### 5. Literatur

1. Korge, A. & Lenten, H.-P. 2009, Ganzheitliche Produktionssysteme. In: H.-J. Bullinger, D. Spath, H.-J. Warnecke & E. Westkämper (Hrsg.), Handbuch Unternehmensorganisation. Berlin: Springer.
2. Kuorinka, I., Jonsson, B., Kilbom, A., Vinterberg, H., Biering-Sørensen, F., Andersson, G. & Jørgensen, K. 1987, Standardised Nordic questionnaires for the analysis of musculoskeletal symptoms, *Applied Ergonomics*, 18, 233–237.
3. Caffier, G., Steinberg, U. & Liebers, F. 1999, Praxisorientiertes Methodeninventar zur Belastungs- und Beanspruchungsbeurteilung im Zusammenhang mit arbeitsbedingten Muskel-Skelett-Erkrankungen. Dortmund/Berlin: Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin.
4. Plath, H.-E. & Richter, P. 1984, Ermüdung-Monotonie-Sättigung-Stress – BMS. Handanweisung. Berlin: Psychodiagnostisches Zentrum.
5. Spanner-Ulmer B., Frieling, E., Landau K. & Bruder, R. 2009, Produktivität und Alter. In: K. Landau (Hrsg.), Produktivität im Betrieb. Stuttgart: Ergonomia Verlag, S. 81-117.
6. Schaub, K. & Ghezel-Ahmadi, K. 2007, vom AAWS zum EAWS – ein erweitertes Screening-Verfahren für körperliche Belastungen. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg.), Kompetenzentwicklung in realen und virtuellen Arbeitssystemen. Dortmund: GfA Press, S. 601-604.
7. Bundesinstitut für Berufsbildung - BIBB & Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin - BAuA, Erwerbstätigenbefragung 2005/2006. Ausgewählte Ergebnisse. Im Internet verfügbar unter: [www.arbeitsschutz.nrw.de](http://www.arbeitsschutz.nrw.de) [Stand: Jan. 2010].
8. Ulich, E. 1998, Arbeitspsychologie, 4. Auflage. Zürich: vdf.

## **Altersdifferenzierte Bewertung von physischen Arbeitsbelastungen mithilfe eines empirisch validierten Screening-Verfahrens**

Holger RADEMACHER, Andrea SINN-BEHRENDT, Yann SCHNEIDER,  
Ralph BRUDER und Kurt LANDAU

*Institut für Arbeitswissenschaft, Technische Universität Darmstadt,  
Petersenstraße 30, D-64287 Darmstadt*

**Kurzfassung:** Im verarbeitenden Gewerbe ist die Analyse, Bewertung und gezielte Verringerung von (körperlichen) Arbeitsbelastungen eines der Instrumente zur Bewältigung der Herausforderung „Altersmanagement“. Um möglichst effektive Maßnahmen zur altersdifferenzierten Arbeitsgestaltung ableiten zu können, sind Erkenntnisse bezüglich der Existenz und Ausprägung von altersabhängigen Engpässen in Bezug auf das Spannungsverhältnis „Arbeitsanforderungen vs. Mitarbeiterfähigkeiten“ zu gewinnen. Anhand der detektierten Engpässe werden altersbezogene Expositionsgrenzwerte ermittelt, die zur Entwicklung eines Screening-Verfahrens zur altersdifferenzierten Belastungsbewertung herangezogen werden.

**Schlüsselwörter:** Altersmanagement, Belastungsbewertung, Screening, Muskel-Skelett-Erkrankungen.

### **1. Einleitung**

In den meisten Industrieländern sind zahlreiche Unternehmen mit progressiv alternden Belegschaften und damit der Frage konfrontiert, ob diese Entwicklung ausschlaggebende negative Auswirkungen auf die zukünftige Unternehmensproduktivität und -wettbewerbsfähigkeit hat. Der bisher häufig anzutreffenden Kompensationsstrategie des Ersetzens älterer Mitarbeiter durch junge Arbeitskräfte sind aufgrund der Verknappung des Angebots an fachlich qualifiziertem Nachwuchs, dem Ende 2009 in Deutschland erfolgten Wegfall des Nutzens einer von der Arbeitsagentur geförderten Altersteilzeit ab dem 59. Lebensjahr sowie der „Rente mit 67“ immer engere Grenzen gesetzt (Richenhagen 2007a und 2007b; Roth et al. 2007).

Im Hinblick auf die Aufrechterhaltung oder besser Förderung der Leistungsfähigkeit von Produktionssystemen ist eine Auseinandersetzung mit latenten Diskrepanzen zwischen den (physischen) Anforderungen am Arbeitsplatz und den ggf. altersabhängigen (körperlichen) Fähigkeiten eines Mitarbeiters erforderlich (Engpassidentifikation). Mängel in der ergonomischen Gestaltungsgüte eines Arbeitsplatzes, die derartige Diskrepanzen verursachen, können beispielsweise zu muskuloskelettalen Erkrankungen führen, welche u. U. Arbeitsausfälle zur Folge haben (Hartmann und Spallek 2009). Bezüglich der Entstehung muskuloskelettaler Erkrankungen ist für viele Arbeitsbelastungen jedoch nach wie vor unklar, ob diese „alterskritisch“ sind. Dies ist u. a. für die deutsche Automobil- und Zulieferindustrie von großer Relevanz.

Infolge der dargestellten Problemstellung wurden folgende Hypothesen aufgestellt, die in einem von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) geförderten Forschungsvorhaben der Autoren untersucht werden:

- Es existieren signifikante Zusammenhänge zwischen industrierelevanten



Fähigkeiten zur Bewältigung physischer Belastungen und dem Alter.

- In der deutschen Automobil- und Zulieferindustrie existieren Arbeitsplätze, die hinsichtlich der Belastungsausprägung „alterskritisch“ sind.
- Die Analyse physischer Arbeitsbelastungen zur Bestimmung eines Gesundheitsrisikos ist altersdifferenziert durchführbar.

Nach Überprüfung dieser Hypothesen soll Industrieunternehmen ein wissenschaftlich fundiertes Instrument zur Verfügung gestellt werden, das zur ergonomischen Gestaltung von Produktionssystemen vor dem Hintergrund der unternehmensspezifischen demographischen Situation eingesetzt werden kann.

## 2. Methode

An über 400 automobilindustriellen Arbeitsplätzen in der Produktion mehrerer großer Unternehmen wurden Daten zu den dort gestellten Arbeitsanforderungen erhoben. Hierdurch konnten die Ausprägungen der für Muskel-Skelett-Erkrankungen relevanten physischen Belastungsfaktoren (Rademacher et al. 2006) bestimmt werden.

Zur Detektion von altersabhängigen Engpässen ist auf der anderen Seite eine Betrachtung der an diesen Arbeitsplätzen tätigen Personen notwendig. Hierzu werden u. a. insgesamt etwa 160 Mitarbeiter aus verschiedenen Fertigungsbereichen der Automobilindustrie v. a. hinsichtlich ihrer in diesen Arbeitsbereichen geforderten körperlichen Fähigkeiten untersucht. Es werden verschiedene auf der Basis der Arbeitsplatzanalysen entwickelte arbeitsspezifische Tests zur standardisierten Bewertung von Fähigkeiten (z. B. Arbeiten in ungünstigen Körperhaltungen) durchgeführt (Rademacher et al. 2009). Überdies beinhaltet die Datenerhebung neben einer arbeitsmedizinischen Untersuchung und einer Arbeitsanamnese auch Fragebögen zu arbeitsbezogenen muskuloskelettalen Beschwerden, subjektiv empfundener tätigkeitsbezogener Beanspruchung, die Kurzversion des Work Ability Index (WAI) und einen Fragebogen zu Belastungen im bisherigen Arbeitsleben (Belastungsbiographie).

Im vorliegenden Beitrag werden die Ergebnisse einer Analyse der Zusammenhänge zwischen muskuloskelettalen Beschwerden, der Belastungsbiographie sowie dem Lebensalter anhand einer Stichprobe von 61 männlichen Versuchspersonen im Alter zwischen 20 und 57 Jahren aus den Produktionsbereichen Montage und Karosseriebau eines großen deutschen Automobilherstellers vorgestellt. Die Beschwerden und die Belastungsbiographie der Probanden wurden mithilfe zweier unterschiedlicher semi-standardisierter Fragebögen erhoben. Die Probanden sollten angeben, ob sie körperliche Beschwerden haben, deren Ursache sie in ihrer beruflichen Tätigkeit vermuten oder die sich durch die Ausübung ihrer beruflichen Tätigkeit verschlimmern. Die Beschwerden waren auf einer Ordinalskala von Null bis Sieben (0 = keine Beschwerden; 7 = sehr starke Beschwerden) einzustufen. Zur Darstellung der Belastungsbiographie bewerteten die befragten Werker ihre während ihres Arbeitslebens ausgeführten Tätigkeiten bezüglich verschiedener Expositionen mithilfe einer Ordinalskala von Null bis Fünf hinsichtlich der Häufigkeit des Auftretens während der Tätigkeit (0 = nie; 5 = ständig). Die Daten zu den von den Befragten erfahrenen Belastungen wurden anschließend aggregiert, um für jede Belastungsart spezifische Belastungsdosen zu berechnen (angelehnt an Elsner et al. 2009).



### 3. Ergebnisse

Tabelle 1 zeigt die Ergebnisse bezüglich der Variablen „muskuloskelettale Beschwerden“ (getrennt nach Körperregion), „Belastungsdosis“ (getrennt nach Belastungsart und Expositionszeitraum) sowie dem „Alter“ der Probanden. Nur die Fälle mit Beschwerdeangaben wurden einbezogen (Mehrfachnennungen möglich).

**Tabelle 1:** Zusammenfassung der Analyseergebnisse bezogen auf die Teilstichprobe „Probanden mit Beschwerden“ (Korrelationskoeffizienten der partiellen Rangkorrelationen nach Kendal)

Körper-region	Belastung	letzte 5 Jahre	letzte 10 Jahre	gesamte Erwerbsdauer	Alter	
Rücken-bereich (N = 36)	Heben 5-10kg	0,121	0,273	0,300	0,329	
	Heben 10-20kg	0,303	0,281	0,049	0,422	
	Heben >20kg	0,010	0,106	-0,112	0,517	nicht signifikant
	Ziehen u. Schieben	0,015	-0,008	-0,145	0,531	
	Vorneigen	0,254	0,284	0,237	0,348	signifikant mit $\alpha = 0,1$
	Bücken	0,115	0,162	0,077	0,417	
	Oberkörperverdrehung	0,276	0,306	0,141	0,362	signifikant mit $\alpha = 0,05$
	Gesamt	0,328	0,344	-0,130	0,522	
Schulter-Nacken-Bereich (N = 25)	Über-Kopf-Arbeit	-0,374	-0,300	-0,184	0,361	
	Nackenbeugung	-0,176	-0,047	-0,006	0,246	
obere Extremität (N = 27)	Arbeit mit hohem Kraftaufwand	0,038	-0,020	-0,059	0,153	

Bei den Fällen, wo Beschwerden im Rückenbereich geäußert wurden, zeigt sich bei jeder einzelnen Belastungsart wie auch im Fall der Integration der Belastungsarten („Gesamt“) durchweg eine signifikante positive Korrelation zum Lebensalter. Die Stärke der Beziehung ist jedoch niedrig bis mäßig. Wird die Beziehung zwischen Rückenbeschwerden und erfahrener Belastungsdosis betrachtet, so zeigen sich lediglich bei Zusammenfassung der Belastungsarten signifikante Zusammenhänge, und dies auch nur, wenn die letzten fünf bzw. zehn Jahre nicht jedoch die gesamte Erwerbsdauer einbezogen werden. Zwischen Beschwerden im Schulter-Nacken-Bereich und im Bereich der oberen Extremität sowie dem Lebensalter bzw. den Belastungsdosen konnten keine auf dem Niveau von  $\alpha = 0,05$  signifikanten Korrelationen identifiziert werden. Bei einigen anderen Fällen konnten Trends (Signifikanz auf einem Niveau von  $\alpha = 0,1$ ) identifiziert werden, beispielsweise bezüglich des Zusammenhangs zwischen Rückenbeschwerden und Belastungsdosen durch Vorneigen des Oberkörpers.

### 4. Diskussion und Ausblick

Die Untersuchung der Stichprobe von Werkern aus der Automobilindustrie zeigt, dass ältere Betroffene an intensiveren Beschwerden im Rückenbereich leiden als jüngere – unabhängig von den Belastungen, die sie erfahren haben. Des weiteren zeigt die Analyse, dass im Fall der Integration der für Rückenbeschwerden als relevant angenommenen Belastungen (Faktor „Gesamt“) zumindest bei Betrachtung der letzten fünf oder zehn Jahre Arbeitstätigkeit signifikante positive Zusammenhänge

zwischen Belastungsdosis und Rückenbeschwerden bestehen. Auffällig ist das Verschwinden des Zusammenhangs bei Betrachtung der Gesamtbelastungsperiode.

Potenzielle Erklärungen hierfür könnten mangelnde Erinnerungsbereitschaft oder -fähigkeit darstellen, die einen ‚Recall Bias‘ verursachen (Wiktorin et al. 1993). Auch ‚Healthy-Worker-Effekte‘ (Monson 1986) spielen hier sowie für das Fehlen von Signifikanzen bei Beschwerden im Schulter-Nacken-Bereich oder der oberen Extremität u. U. eine Rolle, da „weniger belastungsresistente“ Personen (z. B. aufgrund einer Aufgabe der Tätigkeit) der Beobachtung entzogen sind. In diesem Zusammenhang ist darauf zu verweisen, dass es sich um eine Querschnittstudie handelt, die Selektionseffekte begünstigt. Eine Längsschnittuntersuchung in denselben Produktionssystemen ist jedoch vorgesehen und liefert möglicherweise ein weniger verzerrtes Bild. Der aktuelle Umfang der Stichprobe ist zu klein, um die o. g. Trends zu „bestätigen“ und weitere Signifikanzen zu identifizieren. Zudem ist neben der Betrachtung der muskuloskelettalen Beschwerden eine Analyse der ebenfalls in der Studie erfolgenden Fähigkeitseinstufungen vorzunehmen. Erst dann können altersabhängige Engpässe detektiert und altersbezogene Expositionsgrenzwerte ermittelt werden.

Mittels der Grenzwerte werden die als Risikofaktoren identifizierten Belastungen altersdifferenziert im Screening-Verfahren berücksichtigt, und deren Ausprägungen sowie das Zusammenwirken an einem Arbeitsplatz zu einem geeigneten Maß der Belastungssuperposition verdichtet. Dabei werden „Belastungspunkte“ für ergonomisch ungünstige Arbeitsbedingungen vergeben. Den einzelnen Belastungsarten sind jeweils mehrere Merkmale zugeordnet, die unterschiedlich stark – je nach Ausprägung an einem Arbeitsplatz – zum Bewertungsergebnis des Verfahrens beitragen. Somit ist für den jeweiligen Arbeitsplatz eine altersdifferenzierte Aussage zur Höhe des Risikos für das Entstehen von muskuloskelettalen Erkrankungen möglich.

## 5. Literatur

1. Richenhagen, G. 2007a, Altersgerechte Personalarbeit: Employability fördern und erhalten, Zeitschrift Personalführung, 8, 35-47.
2. Richenhagen, G. 2007b, Demografischer Wandel in der Arbeitswelt – Internationale Vergleiche weisen den Weg, Zeitschrift für Arbeitswissenschaft, 61, 109-114.
3. Roth, C., Wegge, J. & Schmidt, K.-H. 2007, Konsequenzen des Demographischen Wandels für das Management von Humanressourcen, Zeitschrift für Personalpsychologie, 3, 99-116.
4. Hartmann, B. & Spallek, M. 2009, Arbeitsbezogene Muskel-Skelett-Erkrankungen, eine Gegenstandsbestimmung, Arbeitsmedizin Sozialmedizin Umweltmedizin, 44, 423 – 436.
5. Rademacher, H., Sinn-Behrendt, A., Schaub, K. & Landau, K. 2006, Ein Verfahren zur Ermittlung altersbedingter Engpässe hinsichtlich muskuloskelettaler Belastungen, Zeitschrift für Arbeitswissenschaft, 60, 230- 244.
6. Rademacher, H., Sinn-Behrendt, A., Landau, K. & Bruder, R. 2009, Industrierelevante körperliche Fähigkeiten von Werkern verschiedener Altersgruppen in der Automobil- und Zulieferindustrie – Methodik und Ergebnisse einer Feldstudie. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg.), Arbeit, Beschäftigungsfähigkeit und Produktivität im 21. Jahrhundert. Dortmund: GfA-Press, S. 153-156.
7. Elsner, G. Petereit-Haack G., Haerting, J., Bergmann, A., Bolm-Audorff, U., Celik, S., Müller, M., Gül, A., Jendrezok, U., Ridder, S., Straub, R., Schumann, B, m Liebers, F. & Seidler, A. 2009, Fall-Kontroll-Studie zu Bandscheibenvorfällen der Halswirbelsäule durch berufliche Belastungen. Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin.
8. Wiktorin, C., Karlqvist, L. & Winkel, J. 1993, Validity of self-reported exposures to work postures and manual materials handling, Scandinavian Journal of Work and Environmental Health, 19, 208-214.
9. Monson, R.R. 1986, Observations on the Healthy Worker Effect, Journal of Occupational Medicine, 28, 425-433.

## Altersheterogenität und Gruppeneffektivität: Die moderierende Rolle des Teamklimas

Birgit C. RIES<sup>1</sup>, Stefan DIESTEL<sup>1</sup>, Jürgen WEGGE<sup>2</sup> und Klaus-Helmut SCHMIDT<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Leibniz-Institut für Arbeitsforschung an der TU Dortmund,  
Ardeystraße 67, D-44139 Dortmund*

<sup>2</sup> *Institut für Arbeits-, Organisations- und Sozialpsychologie an der TU Dresden,  
Zellescher Weg 17, D-01069 Dresden*

**Kurzfassung:** Altersheterogenität in Arbeitsgruppen beeinträchtigt nach der Theorie der sozialen Kategorisierung die Effektivität der Arbeit in Gruppen. Dagegen gehen neuere Modelle der Informationsverarbeitung und Entscheidungsfindung in Gruppen von effektivitätsförderlichen Einflüssen der Altersheterogenität aus. Diese unterschiedlichen Vorhersagen manifestieren sich in einem uneinheitlichen empirischen Befundbild und werfen die Frage nach möglichen Moderatorvariablen auf. Eine dieser Moderatorvariablen dürfte das Teamklima sein. Die Ergebnisse einer Fragebogenerhebung in einer öffentlichen Verwaltung mit N = 410 Teilnehmern (66 Arbeitsgruppen) bestätigen die Vermutung, dass ein gutes Teamklima die Elaboration aufgabenbezogener Diskussionen begünstigt, während ein schlechtes Teamklima konfliktgeladene Subgruppenprozesse anregt. So geht mit zunehmender Altersheterogenität in Gruppen mit gutem Teamklima ein Anstieg in innovativen Leistungen und ein Abfall im Ausmaß des Burnout einher. Diese Zusammenhänge kehren sich in Gruppen mit schlechtem Teamklima um. Das Herstellen eines positiven Teamklimas dürfte folglich eine wichtige Führungsaufgabe beim Management altersheterogener Arbeitsgruppen darstellen.

**Schlüsselwörter:** Altersheterogenität, Innovation, Burnout, Teamklima.

### 1. Einleitung

Als Folge des demografischen Wandels wird die Altersheterogenität in der Erwerbsbevölkerung und damit auch in Arbeitsgruppen weiter zunehmen. Die Theorie der sozialen Kategorisierung (Tajfel & Turner 1986) lässt erwarten, dass zunehmende Altersheterogenität konfliktgeladene Prozesse der Subgruppenbildung begünstigt, die wiederum die Effektivität von Arbeitsgruppen beeinträchtigen sollten. Neuere Modelle der Informationsverarbeitung und Entscheidungsfindung in Gruppen (Kerschreiter et al. 2003) sagen dagegen effektivitätsförderliche Effekte vorher, die sich als Folge von elaborierten Diskussionen altersabhängiger Erfahrungs- und Wissensunterschiede zwischen den Gruppenmitgliedern einstellen sollten. Entsprechend dieser unterschiedlichen Vorhersagen fallen auch die bisher vorliegenden empirischen Befunde uneinheitlich aus (van Knippenberg et al. 2004). In der Literatur lassen sich neben effektivitätsbeeinträchtigenden Effekten effektivitätsförderliche sowie neutrale Einflüsse zunehmender Altersheterogenität finden. Dies legt die Annahme nahe, dass die vorhergesagten und gefundenen Effekte an bestimmte Randbedingungen (d. h. Moderatorvariablen) gebunden sind. Eine bedeutsame Moderatorvariable dürf-

te das Teamklima darstellen. Es sollte entscheidend dafür sein, ob effektivitätsförderliche Prozesse der Elaboration altersbezogener Erfahrungen und Wissensbestände oder aber effektivitätsbeeinträchtigende Prozesse der Subgruppenbildung angeregt werden. In Gruppen mit einem guten Teamklima dürften die Mitglieder in einem vertrauensvollen sozialen Netzwerk dazu ermutigt werden, eigene altersabhängige Erfahrungen und Kenntnisse einzubringen. Dies sollte sich dann in erhöhten innovativen Leistungen sowie auf Grund der vertrauensvollen Atmosphäre in niedrigen Burnoutausprägungen niederschlagen. Dagegen sind diese elaborierten Diskussionen in Gruppen mit schlechtem Teamklima eher unwahrscheinlich. Statt dessen sollten konfliktgeladene Prozesse der Subgruppenbildung ausgelöst werden, da in einer wenig vertrauensvollen und aufgabenorientierten Atmosphäre altersbezogene Vorurteile in den Vordergrund treten. Dementsprechend ist zu erwarten, dass Innovationsleistungen in Gruppen eher gering ausfallen und das Burnouterleben der Gruppenmitglieder mit zunehmender Altersheterogenität ansteigt.

## 2. Methode

Insgesamt konnten Daten von 410 Mitarbeitern einer größeren Landesverwaltung in NRW ausgewertet werden, die sich 66 Gruppen zuordnen ließen. Die durchschnittliche Gruppengröße betrug 6 Personen (Min = 3; Max = 14) und das Durchschnittsalter lag bei  $M = 44.96$  Jahren. 61% der Mitarbeiter waren weiblich. Die Hauptaufgaben bestanden aus administrativen Tätigkeiten sowie bürgernahen Dienstleistungen. Die Altersheterogenität wurde über die Standardabweichung des Alters pro Gruppe erfasst. Das Teamklima wurde über die gekürzte und ins Deutsche übersetzte Version des Teamklima-Inventars erfasst (Moltzen & van Dick 2002; in Anlehnung an Brodbeck et al. 2000). Die Erfassung innovativer Leistungen erfolgte über eine Skala von Janssen (2001), die sowohl von den Mitarbeitern als auch von den Vorgesetzten beantwortet wurde. Das Ausmaß des Burnout wurde über die Skala „Emotionale Erschöpfung“ der deutschen Version des Maslach-Burnout-Inventary von Büssing & Perrar (1992) erfragt. Hintergrundvariablen waren das Alter, das Geschlecht, das Arbeitszeitverhältnis (Voll- / Teilzeit) sowie die subjektive Wahrnehmung der Altersunterschiede (Saliens der Altersheterogenität, Skala von Schmidt & Wegge 2009, in Anlehnung an Randel 2002).

Die Daten wurden mittels Regressionsanalysen ausgewertet. Hierfür wurden zunächst die auf Individualebene erhobenen Daten durch Mittelwertbildung auf Gruppenebene aggregiert. Anschließend wurden in einem ersten Schritt die Hintergrundvariablen in die Regressionsgleichung aufgenommen. In einem zweiten Schritt wurden die Altersheterogenität und das Teamklima hinzugefügt und in einem dritten Schritt die Interaktion zwischen der Altersheterogenität und des Teamklimas berücksichtigt.

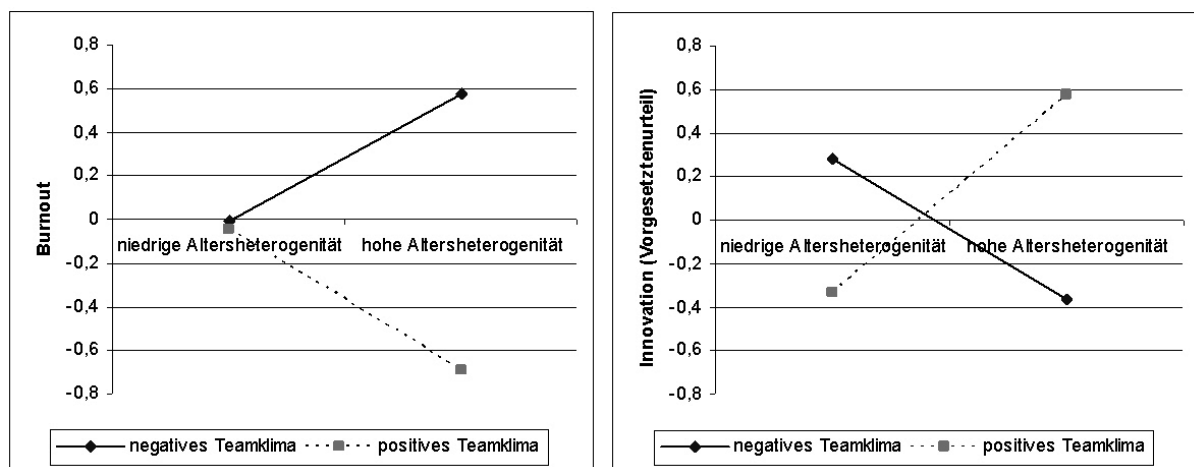
## 3. Ergebnisse

Es zeigte sich wie erwartet ein Moderatoreinfluss des Teamklimas auf die Beziehung zwischen der Altersheterogenität und den innovativen Leistungen bzw. dem Burnout (vgl. Tabelle 1). Die Innovation (beurteilt über den Vorgesetzten) steigt in Gruppen mit einem positiven Teamklima mit zunehmender Altersheterogenität an, während sie in Gruppen mit einem negativen Teamklima absinkt.

**Tabelle 1:** Ergebnisse der Regressionsanalysen

	<i>Burnout</i>		<i>Innovation (Vorgesetztenurteil)</i>	
	$\beta$	$\Delta R$	$\beta$	$\Delta R$
<b>1. Schritt</b>		.037		.064
<b>2. Schritt</b>		.119 *		.032
<i>Altersheterogenität</i>	-.016		.063	
<i>Teamklima</i>	-.327 **		.079	
<b>3. Schritt</b>		.058 *		.077 *
<i>Interaktion</i>	-.276 *		.322 *	
$R^2$		.215		.174

Ganz ähnliche Zusammenhänge spiegeln sich auch in den (hier nicht gezeigten) von den Mitarbeitern beurteilten Innovationsleistungen wider. Ferner ist Burnout in Gruppen mit einem positiven Teamklima umso niedriger ausgeprägt, je höher die Altersunterschiede in der Gruppe ausfallen. Umgekehrt steigt das Ausmaß des Burnouterlebens mit Zunahme der Altersheterogenität in Gruppen mit einem negativen Teamklima an. Tabelle 1 fasst die Ergebnisse der Regressionsanalysen zusammen. Die Interaktionen sind in Abbildung 1 dargestellt.

**Abbildung 1:** Graphische Darstellung der Ergebnisse

#### 4. Diskussion

Die Studie zeigt, dass der Einfluss der Altersheterogenität auf verschiedene Kriterien der Gruppeneffektivität vom Teamklima abhängt. Während ein gutes Teamklima Prozesse der Elaboration anregt und somit den vielfach vermuteten Nutzen von Altersheterogenität sichtbar werden lässt, begünstigt ein schlechtes Teamklima konfliktgeladene soziale Kategorisierungsprozesse, welche den potenziellen Nutzen von Altersunterschieden unterbinden. Dieses Ergebnis erklärt zumindest zum Teil die heterogen ausgefallene Befundlage bisheriger Studien und verbindet die bislang unverbundenen Argumentationsstränge der Theorie der sozialen Kategorisierung sowie

der neueren Modelle der Informationsverarbeitung.

Darüber hinaus bieten die Ergebnisse dieser Untersuchung Ansatzpunkte für die Gestaltung von Gruppenarbeit. So dürfte z. B. das Herstellen eines positiven Teamklimas eine zunehmend wichtigere Anforderung an Führungskräfte darstellen.

## 5. Literatur

1. Brodbeck, F., Anderson, N. & West, M. 2000, TKI – Teamklima-Inventar. Manual. Hogrefe: Göttingen.
2. Büssing, A. & Perrar, K.-M. 1992, Die Messung von Burnout. Untersuchung einer deutschen Fassung des Maslach Burnout Inventory (MBI-D), *Diagnostica*, 38, 328-353.
3. Janssen, O. 2001, Fairness perceptions as a moderator in the curvilinear relationships between job demands, and job performance and job satisfaction, *Academy of Management Journal*, 44, 1039-1050.
4. Kerschreiter, R., Mojzisch, A., Schulz-Hardt, S., Brodbeck, F.C. & Frey, D. 2003, Informationsaustausch bei Entscheidungsprozessen in Gruppen: Theorie, Empirie und Implikationen für die Praxis. In: S. Stumpf & A. Thomas (Hrsg.), *Teamarbeit und Teamentwicklung*. Göttingen: Hogrefe, S. 85-118.
5. Moltzen, K. & van Dick, R. 2002, Arbeitsrelevante Einstellungen bei Call Center-Agenten: Ein Vergleich unterschiedlicher Call Center-Typen, *Zeitschrift für Personalpsychologie*, 1, 161-170.
6. Randel, A.E. 2002, Identity salience: A moderator of the relationship between group gender composition and work group conflict, *Journal of Occupational Behavior*, 23, 749-766.
7. Schmidt, K.-H. & Wegge, J. 2009, Altersheterogenität in Arbeitsgruppen als Determinante von Gruppenleistung und Gesundheit. In: A. Dehmel, H. H. Kremer, N. Schaper & P.F.E. Sloane (Hrsg.), *Bildungsperspektiven in alternden Gesellschaften*. Frankfurt: Lang, S. 169-183.
8. Tajfel, H. & Turner, J.C. 1986, The social identity theory of intergroup behaviour. In S. Austin & W.G. Austin (Eds.), *Psychology of Intergroup Relations*. Chicago: Nelson Hall, S. 7-24.
9. van Knippenberg, D., de Dreu, C.K.W. & Homan, A.C. 2004, Work group diversity and group performance: An integrative model and research agenda, *Journal of Applied Psychology*, 89, 1008-1022.



# Zum Einfluß einiger Merkmale älterer Benutzer auf ihre Effektivität im Umgang mit Fahrkartenautomaten

Michael SENGPIEL

*Ingenieurpsychologie/ Kognitive Ergonomie, Humboldt-Universität zu Berlin,  
Rudower Chaussee 18, D-12489 Berlin*

**Kurzfassung:** Die Beobachtung, dass Altersunterschiede in der Effektivität der Benutzung interaktiver Technik stark von der Computer Literacy der Nutzer abhängen, veranlasste uns in einer vorausgegangenen Untersuchung, zwei komplementäre Interventionsmethoden, Technikgestaltung (Wizard) und Instruktion (Video), miteinander zu vergleichen. Beide Maßnahmen führten in Experimenten am Beispiel eines Fahrkartenautomaten zu einer Effektivitätssteigerung der älteren Benutzer auf das Niveau der jüngeren Vergleichsgruppe. Im vorliegenden Artikel wird der Frage nachgegangen, welche Merkmale älterer Nutzer einen Einfluß auf deren Effektivität hatten. Die mittels Fragebogen erhobenen Merkmale werden mitsamt ihrer Korrelation zur Effektivität vorgestellt und in ein hierarchisches Regressionsmodell integriert, in welchem vor allem die Merkmale Computerwissen, Intelligenz und Kontrollüberzeugung im Umgang mit Technik die Effektivitätsunterschiede zwischen den Benutzern erklären und somit Ansatzpunkte für eine verbesserte Gestaltung bieten, die nicht nur „altersgerecht“, sondern „universal“ sein sollte.

**Schlüsselwörter:** Usability, Universal Design, Alter, Demographischer Wandel, Mensch-Rechner-Interaktion.

## 1. Einleitung

Altersbezogene Veränderungen und ihre Bedeutung für die Nutzung von Technik (v.a. Informationstechnologie) im Arbeitsleben wurden bereits umfassend beschrieben (z.B. Czaja & Moen 2004). Dabei ist es wichtig zu betonen, dass die Benutzung von Technik doppelten Vorteil birgt: primär durch eine Erweiterung des Handlungsraums (Ihde 1990) und sekundär durch ein "cognitive enrichment", welches altersbezogene Abbauprozesse verzögern kann (Hertzog et al. 2009). Voraussetzung dafür ist jedoch der Zugang zu Technik, der oft durch eine Gestaltung erschwert wird, welche die Eigenschaften der Nutzer nicht hinreichend berücksichtigt und dadurch Nutzungsbarrieren schafft (Czaja & Lee 2007). Dies gilt nicht nur für die "prototypische Informationstechnik", den Computer mit Internetzugang (Charness & Boot 2009), sondern auch für einfache walk-up-and-use-Systeme wie den Fahrkartenautomaten der Berliner Verkehrsbetriebe (BVG), der von jedem spontan benutzbar sein sollte und Gegenstand der vorgestellten Untersuchung ist.

In einem vorangegangenen Beitrag (Sengpiel & Wandke 2009) konnte der zunächst rechnerisch ermittelte Einfluss der Computer Literacy (CL) auf die Benutzung des Fahrkartenautomaten (FKA) aus zwei Richtungen experimentell bestätigt werden: Sowohl durch das Hinzufügen einer minimalen Instruktion (Video) zum gleichen Automaten als auch durch eine umfassende Umgestaltung des FKA (Wizard) konnte der Einfluß des Kohortenmerkmals "geringe CL" auf die Effektivität der Benutzung

reduziert werden, sodass Ältere den FKA ebenso effektiv nutzen konnten wie Jüngere.

Darauf aufbauend wird in diesem Artikel der Frage nachgegangen, welche Merkmale älterer Nutzer einen Einfluss auf deren Effektivität hatten. Dies erfolgt in zwei Schritten: Erstens werden weitere mittels Fragebogen erhobene Merkmale mitsamt ihrer Korrelation zur Effektivität vorgestellt. Zweitens werden diese in ein hierarchisches Regressionsmodell integriert, welches die Effektivität der Benutzung des BVG-FKA anhand der erfaßten Merkmale vorhersagt.

## 2. Methode

In die Analyse flossen Daten aus zwei vergleichbaren Experimenten ein, die ebenfalls bereits in Sengpiel & Wandke (2009) beschrieben wurden. An dem ersten nahmen 17 ältere (Mittelwert=67,2 Jahre; SD=2,6; 8 weiblich / 9 männlich) und 17 jüngere (M=25,4 Jahre; SD=2,1; 10 weiblich / 7 männlich) Personen teil. An dem zweiten nahmen 62 ältere (M=68,2 Jahre; SD=4,8; 35 weiblich / 27 männlich) und 62 jüngere (M=24,5 Jahre; SD=4,14; 29 weiblich / 33 männlich) Personen teil. Beide Gruppen waren relativ hoch gebildet und benutzten zumeist den untersuchten Fahrkartenautomaten der BVG nur einmal im Monat oder seltener.

Der Ablauf der Untersuchungen ist ausführlich in Sengpiel & Wandke (2009) beschrieben. In beiden Experimenten wurden die Teilnehmer nach Begrüßung und Vorbefragung gebeten, an einem simulierten FKA Fahrkarten zum Kauf auszuwählen. Dabei wurden die alten und jungen Teilnehmer im zweiten Experiment gleichmäßig auf drei Versuchsbedingungen (BVG-FKA, Video, Wizard) aufgeteilt. Die BVG-FKA Bedingung diente als Kontrollgruppe. Die Aufgaben wurden an einem 19" Touchscreen-Monitor bearbeitet, auf welchem eine Simulation des BVG-FKA präsentiert wurde. In der Video-Bedingung sollte ein kurzes (2:37 min) direkt vor der Aufgabenbearbeitung gezeigtes Video im Sinne einer minimalen Instruktion (Carroll 1990) FKA-spezifisches Interaktionswissen vermitteln. In der Wizard-Bedingung wurde die Benutzerschnittstelle bei gleichem Funktionsumfang des FKA so umgestaltet, dass der Prozess der Ticketauswahl anhand plausibler Fragen in eine logische Sequenz zerlegt wurde (Folmer & Bosch 2003). Da die Teilnehmer dieser Gruppe folglich nicht den Original-BVG- Automaten benutzten, gingen ihre Daten nicht in die vorliegende Analyse ein. Im ersten Experiment benutzten alle Teilnehmer den BVG-FKA.

In beiden Experimenten wurden neben den demographischen Daten weitere Personenmerkmale mittels Fragebogen erhoben, denen ein Einfluss auf die Benutzung von technischen Systemen zugeschrieben wurde:

- Computer Literacy Skala (CLS, Sengpiel & Dittberner 2008), hier vor allem die Vielfalt der mit dem PC erledigten Aufgaben (diversity) und das Wissen um computerbezogene Symbole und Begriffe (CLS-ST);
- Kontrollüberzeugung im Umgang mit Technik (KUT, Beier 1999), eine eindimensionale Skala mit acht Items zur Erfassung internaler Kontrollüberzeugung, ergänzt um „Kauf von Fahrkarten am Automaten“;
- Einstellung gegenüber FKA, ein im ALISA-Projekt (Struve et al. 2006; Sengpiel et al. 2008) entwickeltes siebenstufiges semantisches Differenzial mit acht Items, fünf zur Wirkung von FKA und drei zur Einschätzung ihrer Benutzung (z.B. frustrierend – ermutigend);
- Computer-Ängstlichkeit (CATS, computer anxiety trait subscale, Gaudron & Vignoli 2002), statt „Computer“ angepaßt an den Nutzungskontext: „Stellen Sie

sich bitte vor, Sie befinden sich auf einem Bahnhof und wollen einen Fahr-scheinautomaten benutzen.“

- fluide Intelligenz, wurde mittels Untertest 3 (Erkennen von Gesetzmäßigkeiten) aus dem LPS 50+ (Sturm et al. 1993; Horn 1983) und dem Zahlen- Symbol-Test aus dem Hamburg-Wechsler-Intelligenztest für Erwachsene – Revision (HAWIE-ZST, Tewes 1991) erfasst. Um die Vergleichbarkeit zwischen den Altersgruppen zu gewährleisten, wurde das jeweils erfasste Summenmaß richtiger Lösungen nicht an der Altersgruppe normiert und die Rohwerte nicht in IQ-Wert überführt.

### 3. Ergebnisse

#### 3.1 Korrelation der Einflussfaktoren zur Effektivität

Die erfassten Merkmale korrelieren in der erwarteten Richtung mit der Effektivität; Ein hohes Alter und eine hohe Computerängstlichkeit zeigen einen negativen Zusammenhang zur Effektivität, die anderen einen positiven. Tabelle 1 fasst die Korrelationen mit der Effektivität geordnet nach ihrer Stärke zusammen.

**Tabelle 1:** Korrelationen der erhobenen Merkmale mit der Effektivität der Benutzung des Fahrkarten-automaten der BVG, N=94

	Effektivität
CLS-ST (Kennen von Symbolen und Begriffen)	.55***
CLS-Vielfalt der am PC erledigten Aufgaben	.47***
LPS 50+ (Untertest 3: Erkennen von Gesetzmäßigkeiten)	.46***
Alter	-.42***
Einstellung gegenüber Fahrkartenautomaten	.34***
HAWIE-R ZST (Zahlen-Symbol-Test)	.33**
CATS (Computer-Ängstlichkeit)	-.32**
KUT (Kontrollüberzeugung im Umgang mit Technik)	.18*

\*  $p < .05$ , \*\*  $p < .01$ , \*\*\*  $p < .001$ .

#### 3.2 Vorhersage der Effektivität anhand der erfassten Merkmale

Im zweiten Schritt wurden die erfassten Merkmale in ein hierarchisches Regressionsmodell integriert, welches die Effektivität der Benutzung des BVG-FKA anhand der erfassten Merkmale vorhersagt. Dabei sind die erfassten Merkmale erwartungsgemäß auch untereinander korreliert, am stärksten CLS-ST und CLS- Vielfalt mit  $r=0.75$ ,  $p<0.001$ . Die Multikollinearität ist jedoch unproblematisch (Field 2005, S. 196f). Es wird deutlich, dass das Alter allein 17% der Varianz in der Effektivität aufzuklären vermag. Wird das Modell um die Computer-Literacy-Merkmale Kenntnis von Symbolen und Begriffen (CLS-ST) und Vielfalt der erledigten Aufgaben erweitert, so können weitere 13% der Varianz aufgeklärt werden. Dabei hat der CLS-ST das stärkste Gewicht: würden die anderen Faktoren konstant gehalten werden, so würde eine Abweichung von einer Standardabweichung im CLS-ST allein eine Standardabweichung von .45 in der Effektivität erklären. Die Partialkorrelation gibt den spezifischen Beitrag des Prädiktors an der Varianz in Effektivität an und ist entsprechend auch beim CLS-ST am größten. Tabelle 2 gibt einen Überblick über die Ergebnisse.

**Tabelle 2:** Hierarchische Regression der erhobenen Merkmale auf die Effektivität der Benutzung des Fahrkartenautomaten der BVG, N=94

	B	SE B	$\beta$	Partial-Korrelation
<b>Schritt 1</b>				
Konstante	97.11	4.35		
Alter	-.39	0.09	-.42***	-.42
<b>Schritt 2</b>				
Konstante	43.09	13.67		
Alter	0.01	0.13	.01	.01
CLS - ST	1.52	0.51	.45**	.30
CLS - Vielfalt	0.40	0.38	.15	.11
<b>Schritt 3</b>				
Konstante	30.12	24.48		
Alter	0.11	0.15	.12	.08
CLS - ST	1.50	0.54	.44**	.29
CLS - Vielfalt	0.56	0.38	.21	.16
LPS 50+ (UT3: reasoning)	0.82	0.36	.30*	.24
Einstellung ggü. FKA	0.30	0.30	.13	.11
HAWIE-R ZST	-0.25	0.20	-.17	-.13
CATS (Ängstlichkeit)	-0.04	0.23	-.02	-.02
KUT (Kontrollüberzeugung)	-0.63	0.32	-.21°	-.21

$R^2=.17***$  for Step 1;  $\Delta R^2=.13***$  for Step 2;  $\Delta R^2=.08$  for Step 3.

°  $p<.10$ , \*  $p<.05$ , \*\*  $p<.01$ , \*\*\*  $p<.001$ .

Erweitert man das Modell weiter auf alle oben genannten Faktoren, so können schließlich 38% der Varianz in Effektivität aufgeklärt werden, dieser Zuwachs ist allerdings nicht mehr signifikant. Dabei wird deutlich, dass die fluide Intelligenz (LPS 50+) und die Kontrollüberzeugung im Umgang mit Technik (KUT,  $p=0.052$ ) ebenfalls einen signifikanten spezifischen Beitrag zur Varianzaufklärung leisten. Das schlechtere Abschneiden der Versuchspersonen am BVG-FKA lässt sich demnach nicht nur aus dem Alter, sondern besser als eine Funktion aus ihrem Wissen zum Umgang mit Computern (CLS-ST), ihrer fluiden Intelligenz (LPS 50+, Skala 3, reasoning) und ihrer Kontrollüberzeugung im Umgang mit Technik (KUT) vorhersagen.

#### 4. Diskussion

Oberstes Gestaltungsziel bei einem Fahrkartenautomaten und anderen „walk up and use“-Systemen sollte sein, dass möglichst jeder ihn spontan effektiv benutzen kann. Dies war beim untersuchten Fahrkartenautomaten der BVG nicht der Fall. Dabei hatte das Alter des Benutzers an sich keinen Einfluss, vielmehr waren es alterskorrelierte Merkmale der Benutzer wie Computerwissen, Intelligenz und Kontrollüberzeugung im Umgang mit Technik, die die Effektivitätsunterschiede zwischen den Benutzern erklärten und Ansatzpunkte für eine verbesserte Gestaltung bieten, die eben nicht nur „altersgerecht“, sondern „universal“ sein sollte.

#### 5. Literatur

1. Beier, G. 1999, Kontrollüberzeugungen im Umgang mit Technik, Report Psychologie, 24, 684–693.

2. Carroll, J.M. 1990, *The Nurnberg Funnel: Designing minimalist instruction for practical computer skill*. Cambridge, MA: MIT Press.
3. Charness, N. & Boot, W.R. 2009, Aging and information technology use: Potential and Barriers, *Current Directions in Psychological Science*, 18, 253– 258.
4. Czaja, S. & Lee, C. 2007, The impact of aging on access to technology, *Universal Access in the Information Society*, 5, 341–349.
5. Czaja, S.J. & Moen, P. 2004, Technology and employment. In: R. Pew & S. van Hamel (Eds.), *Technology and Adaptive Aging*. Washington, DC: National Research Council, S. 150–178.
6. Field, A. 2005, *Discovering Statistics Using SPSS*. Thousand Oaks: Sage Publications.
7. Folmer, E. & Bosch, J. 2003, Usability patterns in software architecture. In: *Proceedings of the Human Computer Interaction International 2003*. Philadelphia, PA: Lawrence Erlbaum, S. 93–97.
8. Gaudron, J.-P. & Vignoli, E. 2002, Assessing computer anxiety with the interaction model of anxiety: Development and validation of the computer anxiety trait subscale, *Computers in Human Behavior*, 18, 315–326.
9. Hertzog, C., Kramer, A., Wilson, R. & Lindenberger, U. 2009, Enrichment effects on adult cognitive development: Can the functional capacity of older adults be preserved and enhanced?, *Psychological Science in the Public Interest*, 9, 1–65.
10. Horn, W. 1983, *Leistungsprüfsystem L-P-S. Handanweisung für die Durchführung, Auswertung und Interpretation*, 2. erweiterte und verbesserte Auflage. Göttingen: Hogrefe.
11. Ihde, D. 1990, *Technology and the Lifeworld*. Bloomington: Indiana University Press.
12. Sengpiel, M. & Dittberner, D. 2008, The computer literacy scale (cls) for older adults - development and validation. In: *Mensch & Computer 2008, Viel Mehr Interaktion*.
13. Sengpiel, M., Struve, D., Dittberner, D. & Wandke, H. 2008, Entwicklung von Trainingsprogrammen für Ältere Benutzer von IT-Systemen, *Wirtschaftspsychologie*, 10, 94–105.
14. Sengpiel, M. & Wandke, H. 2009, Technik-Gestaltung und Instruktion als Maßnahmen zur Erhöhung der Effektivität älterer Arbeitnehmer.
15. Struve, D., Sengpiel, M. & Wandke, H. 2006, Adaptive Lernunterstützung zur interaktiven Systemnutzung für ältere Benutzer (ALISA), *Zeitschrift für Arbeitswissenschaft*, 60, 161–169.
16. Sturm, W., Willmes, K. & Horn, W. 1993, *LPS 50+, Leistungsprüfsystem für 50–90-Jährige*. Göttingen: Hogrefe.
17. Tewes, U. 1991, *Hamburg-Wechsler Intelligenztest für Erwachsene*. Bern: Verlag Hans Huber.

Mein besonderer Dank gilt Diana Dittberner, Laura Felten und Marco Peucker für die Erhebung der verwendeten Daten im Rahmen ihrer Diplomarbeit und der Deutschen Forschungsgemeinschaft für die Förderung des Projektes ALISA im Rahmen des SPP 1184 „Altersdifferenzierte Alterssysteme“.





# Altersrobuste Planung von gekoppelten Montagelinien

Martin WALDHERR und Gert ZÜLCH

*Institut für Arbeitswissenschaft und Betriebsorganisation (ifab),  
Karlsruher Institut für Technologie (KIT),  
Kaiserstraße 12, D-76128 Karlsruhe*

**Kurzfassung:** Arbeitssysteme mit kurzen Taktzeiten führen zu Anforderungsprofilen, denen in der Regel jüngere Mitarbeiter besser entsprechen können als ältere. Für eine so genannte altersrobuste Auslegung ist es erforderlich, die langfristige Fähigkeitsentwicklung der Mitarbeiter in die Planung einzubeziehen. Für eine solche Auslegung sind ergonomische und fähigkeitsbezogene Aspekte bereits in der Planungsphase zu berücksichtigen. In diesem Beitrag wird ein Planungsverfahren vorgestellt, das die Möglichkeit bietet, getaktete Montagelinien sowohl unter produktivitätsbezogenen als auch unter ergonomischen Gesichtspunkten abzustimmen.

**Schlüsselwörter:** demographische Entwicklung, Montageplanung, Leistungsabstimmung, Simulation, Optimierung.

## 1. Folgen der demographischen Entwicklung auf die Arbeitswelt

Die Folgen der demographischen Entwicklung in Deutschland für die Arbeitswelt sind ein inzwischen viel beachtetes Thema. Die aktuelle Wirtschaftskrise mit dem daraus folgenden Stellenabbau in vielen Produktionsbetrieben wird die Entwicklung nur hinauszögern, aber nicht entschärfen, da der Altersdurchschnitt der Belegschaft bis 2030 kontinuierlich steigen wird (Börsch-Supan 2004, S. 2). Außerdem führt der bereits ersichtliche Mangel an qualifizierten Arbeitskräften hinsichtlich der zu erfüllenden Anforderungen zu einem Defizit, das durch junge Mitarbeiter allein nicht aufgefangen werden kann. Somit müssen ältere Mitarbeiter vermehrt in den Arbeitsprozess integriert werden.

Weitgehend ungeklärt ist jedoch, inwieweit sich die unterschiedliche Leistungsfähigkeit in altersgemischten Arbeitsgruppen in quantitativer Hinsicht auf die Produktivität auswirken wird. Hierzu muss die menschliche Leistungsfähigkeit des Einzelnen sowie deren Wandel im Laufe des Berufslebens beachtet werden. Außerdem ist zu diskutieren, inwiefern sich diese altersbedingten Leistungsveränderungen durch eine zielgerichtete Planung altersrobuster Fertigungssysteme mildern lassen, und zwar möglichst bei einer gleich bleibenden Produktivität.

Diese Frage stellt sich insbesondere in getakteten Montagelinien für schwere Arbeitsgegenstände, wo Mitarbeiter vorwiegend physischen Belastungen unterliegen. Konkrete Verfahren zur Planung von Montagelinien nehmen in der Regel nur Bezug auf die Zuordnung der Montagevorgänge zu Stationen und die dabei zu verwendenden Technologien. Im Anbetracht der demographischen Entwicklung ist es jedoch unabdingbar, die aktuelle und für die Zukunft zu prognostizierende Leistungsfähigkeit der Belegschaft bereits in der Planungsphase zu berücksichtigen.

## 2. Alternsrobuste Leistungsabstimmung von Montagesystemen

Dieser Forschungsfrage hat sich das Institut für Arbeitswissenschaft und Betriebsorganisation des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) innerhalb des DFG-Schwerpunktprogramms 1184 "Altersdifferenzierte Arbeitssysteme" gewidmet. Hierzu wurde ein simulationsbasierter Ansatz zur alternsrobusten Planung getakteter Montagelinien verfolgt. Das Planungsverfahren verfolgt die Zielsetzung, die Personaleinsatzplanung in die Phase der Leistungsabstimmung von Montagelinien zu integrieren. Ebenso soll es das neue Planungsverfahren ermöglichen, die individuellen Stärken und Schwächen älter werdender Mitarbeiter von vornherein zu berücksichtigen, sodass spätere kostenintensive Nachbesserungen vermieden werden. Dafür muss jedoch das Älterwerden der Mitarbeiter von Anfang an im Planungsverfahren berücksichtigt werden (Zülch & Becker 2006, S. 153).

### 2.1 Altersabhängige Leistungsfähigkeit von Montagesystemen

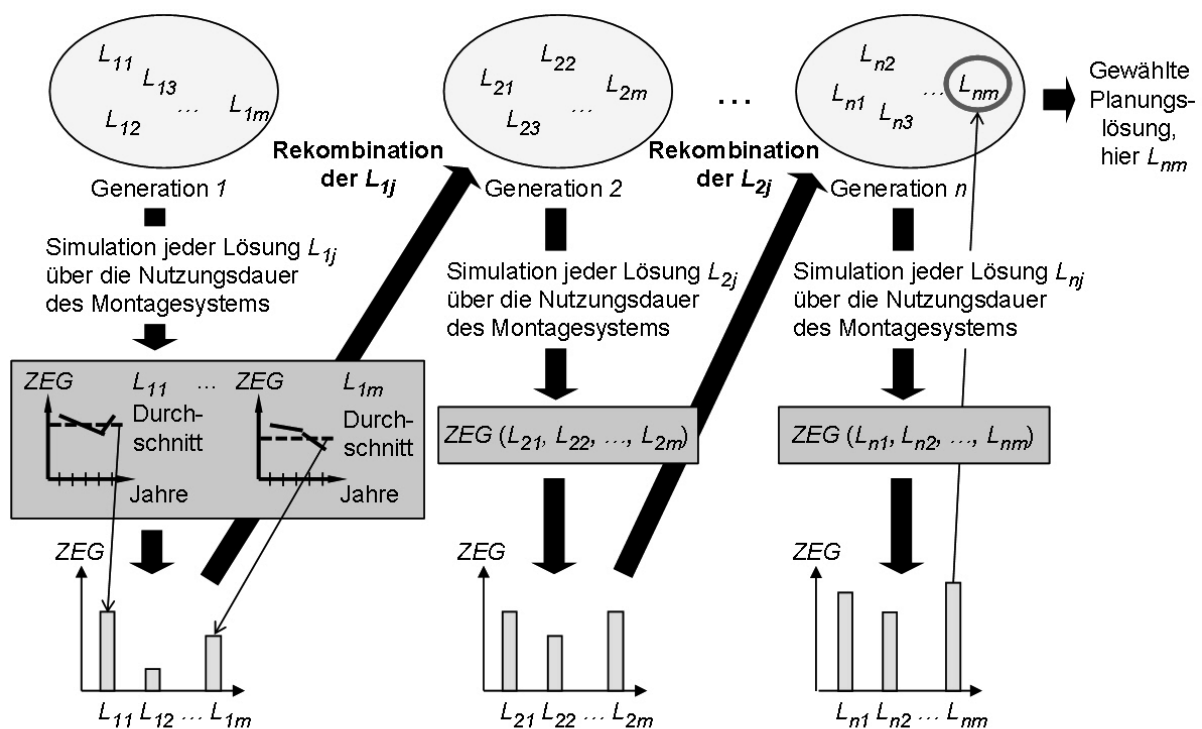
Die ab dem 30. Lebensjahr abnehmende Leistungsfähigkeit von Montagemitarbeitern wurde von Baines et al. (2004) in einer Simulationsstudie abgebildet. Im Gegensatz zu diesen Autoren ist jedoch anzunehmen, dass die Leistungsfähigkeitskurve – und somit der alternsbedingte Verlauf des Zeitgrades eines Montagemitarbeiters für einen betreffenden Montagevorgang – stark von der zugrunde liegenden Arbeitsschwere der betreffenden Tätigkeit abhängt (Zülch & Becker 2008, S. 381 f.).

Für jeden Montagevorgang kann - ein dafür ergonomisch gut eingerichteter Arbeitsplatz vorausgesetzt - der erforderliche Arbeitsenergieumsatz im Vorhinein bestimmt werden (siehe Spitzer et al. 1982). Die Arbeitsschwere hängt dabei von den eingesetzten technischen Arbeitshilfen wie Lastenmanipulatoren o.ä. ab. Dabei beeinflusst der Einsatz von technischen Arbeitshilfen möglicherweise auch die Vorgabezeit für den betreffenden Montagevorgang. Wird nun der Arbeitsenergieumsatz als zusätzliches Kriterium für die Zuordnung von Montagevorgängen zu Stationen verwendet, kann eine erhöhte Belastung an bestimmten Stationen durch gleichmäßigere Verteilung der Montagevorgänge auf die Stationen vermieden werden.

Im Sinne der Planung einer alternsrobusten Montagelinie reicht dies jedoch noch nicht aus, da das Älterwerden der Mitarbeiter üblicherweise nicht berücksichtigt wird. Eine Planungslösung ist aber erst dann als alternsrobust zu bezeichnen, wenn die Produktivität während einer längeren Nutzungsdauer der Montagelinie, also über mehrere Jahre hinweg keine oder eine nur geringe alternsbedingte Verminderung aufweist (Zülch & Waldherr 2009, S. 143). Die alternsbedingte Veränderung der Leistungsfähigkeit eines Mitarbeiters kann auf Basis des Zeitgradverlaufes modellhaft abgebildet werden. In Ermangelung quantitativer Modelle kann der Zusammenhang zwischen Arbeitsschwere und Zeitgradverlauf auf Basis von Expertenbefragungen ermittelt werden, wenn man nicht nur auf die Vereinfachungen bei Baines et al. (2004) reflektieren will. In der Modellierung ist somit für jeden Mitarbeiter der Zeitgradverlauf über den gegebenen Planungszeitraum festzulegen. Diese Zeitgradverläufe werden in einer nachfolgenden Simulationsstudie herangezogen, um die Produktivität der Montagelinie über deren Nutzungsdauer hinweg zu bewerten. Die Verwendung der Zeitgradverläufe ist im Detail bei Zülch et al. (2009, S. 3 f.) dargestellt. Sie dienen der Abbildung der sich individuell wandelnden Leistungsfähigkeit der Mitarbeiter während der Simulation.

## 2.2 Planungsablauf auf Basis des evolutionären Prinzips

Das Planungsverfahren basiert auf dem evolutionären Prinzip, mit dessen Hilfe über eine Vielzahl von Generationen hinweg mögliche Auslegungen der Montagelinie entwickelt werden (Zülch & Waldherr 2009, S. 142 f.). Diese potenziellen Planungslösungen werden nachfolgend mit Hilfe des Simulationsverfahrens ESPE-AS (Engpassorientierte Simulation von Personalstrukturen für die altersdifferenzierte Strukturplanung; vgl. Zülch & Becker 2006, S. 154 ff.) nach mehreren Zielkriterien und deren Zusammenfassung zu einem Gesamtzielerreichungsgrad bewertet. Die besten Planungslösungen werden unverändert und in rekombinierter Form (Kreuzung, Mutation) in die nächste Generation übernommen. Auf diese Weise werden idealtypisch immer besser werdende Planungslösungen generiert, bis dass eines von mehreren vordefinierten Abbruchkriterien erreicht wird (Zülch et al. 2009, S. 4 ff.).



### Legende:

$L_{ij}$	Planungslösung $j$ der Generation $i$	$n$	max. Anzahl Generationen
$i$	$\in [1, \dots, n]$ Generationen	$m$	max. Anzahl Planungslösungen pro Generation
$j$	$\in [1, \dots, m]$ Planungslösungen	ZEG	Gesamtzielerreichungsgrad

**Abbildung 1:** Funktionsweise des Optimierungsalgorithmus

Der Optimierungsalgorithmus besteht somit aus zwei gekoppelten Planungsrou-tinen: In der inneren Routine werden über die Nutzungsdauer der Montagelinie hinweg jeweils mehrere Planungslösungen erstellt. Diese werden auf der Basis eines Gesamtzielerreichungsgrades simulativ bewertet. In der äußeren Iterationsroutine werden die so ermittelten Planungslösungen rekombiniert, um die Eigenschaften bereits gefundener guter Planungslösungen an Nachfolger weiterzugeben. Die dazu erforderliche Selektion guter Planungslösungen wird durch die Berechnung einer Fitness-Funktion, hier speziell des Gesamtzielerreichungsgrades realisiert (vgl. Abbildung 1).

### 3. Analyse der Sensitivität der Gesamtzielerreichungsgrads

Durch die Kopplung des Planungsverfahrens zur alternsrobusten Leistungsabstimmung mit dem Simulationsverfahren ESPE-AS lässt sich die Leistung der zukünftigen Montagelinie prognostizieren und die geforderte Produktivität über die Nutzungsdauer hinweg unter Berücksichtigung der Fähigkeitsentwicklung der älter werdenden Mitarbeiter überprüfen. Insbesondere kann auf diese Weise überprüft werden, ob und wann sich eine Unterschreitung der geforderten Produktivität mit der gegebenen Planungslösung selbst durch die gezielte Anwendung präventiver Maßnahmen nicht mehr vermeiden lässt. Somit kann eine Planungslösung frühzeitig geändert und den Bedürfnissen einer alternden Belegschaft angepasst werden.

Eine Sensitivitätsstudie bezüglich der von Experten prognostizierten Zeitgradverläufe zeigt, dass der resultierenden Gesamtzielerreichungsgrad einer Planungslösung von der Festlegung der Zeitgradverläufe abhängig ist. Dabei ist festzustellen, dass bei einer ungünstigen Einschätzung der Zeitgradverläufe der Gesamtzielerreichungsgrad nur in geringem Maße beeinflusst wird. Demgegenüber wirkt sich eine zu optimistische Einschätzung wesentlich deutlicher auf den Gesamtzielerreichungsgrad einer Planungslösung aus. Bei einer negativen Abweichung von durchschnittlich 20 % im Zeitgradverlauf ergibt sich in der vorliegenden Pilotanwendung eine Abweichung von 5,5 % des Gesamtzielerreichungsgrades gegenüber dem Gesamtzielerreichungsgrad bei den ursprünglich angenommenen Zeitgradverläufen. Allerdings ist festzustellen, dass sich die Abweichung nur auf den Betrag des Gesamtzielerreichungsgrades bezieht. Eine Veränderung der Rangfolge der Planungslösungen innerhalb einer Generation kann nicht festgestellt werden; somit wird auch deren Rangfolge über die gesamte Nutzungsdauer nicht beeinflusst.

### 4. Literatur

1. Baines, T., Mason, S., Siebers, P.-O. & Ladbrook, J. 2004, Humans: the missing link in manufacturing simulation?, *Simulation Modelling Practice and Theory*, 12, 515-526.
2. Börsch-Supan, A. 2004, Aus der Not eine Tugend - Zukunftsperspektiven einer alternden Gesellschaft. Mannheim: Mannheim Research Institute for the Economics of Aging.
3. Spitzer, H., Hettinger, T. & Kaminsky, G. 1982, Tafeln für den Energieumsatz bei körperlicher Arbeit. Berlin: Beuth Verlag.
4. Zülch, G. & Becker, M. 2006, Simulationsunterstützte Prognose der Leistungsfähigkeit von Fertigungssystemen bei alternder Belegschaft, *Zeitschrift für Arbeitswissenschaft*, 60, 151-159.
5. Zülch, G. & Becker, M. 2008, Nachhaltigkeit bei der Planung von Fertigungssystemen: Simulation unter dem Aspekt der Leistungsentwicklung einer Belegschaft. In: M. Rabe (Hrsg.), *Advances in Simulation for Production and Logistics Applications*. Stuttgart: Fraunhofer IRB-Verlag, S. 377-386.
6. Zülch, G. & Waldherr, M. 2009, Planung von Arbeitssystemen unter Berücksichtigung der Leistungsentwicklung einer alternden Belegschaft, In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg.), *Arbeit, Beschäftigungsfähigkeit und Produktivität im 21. Jahrhundert*. Dortmund: GfA-Press, S. 141-144.
7. Zülch, G., Waldherr, M. & Stock, P. 2009, Assembly line balancing in automotive industry referring to staff age-related performance changes. In: International Ergonomics Association (Hrsg.), 17th World Congress on Ergonomics IEA 2009, Peking, 9.-14. August 2009 (CD-ROM: (2AG0005)\_Assembly line balancing in automotive industry referri~1.pdf).

# Ergonomische Bewertung von Körperhaltung, Greifräumen und Komfort bei der Arbeit mit großflächigen berührungssensitiven Bildschirmen

Jennifer BÜTZLER, Sebastian VETTER, Nicole JOCHEMS und  
Christopher M. SCHLICK

*Institut für Arbeitswissenschaft, RWTH Aachen University,  
Bergdriesch 27, D-52062 Aachen*

**Kurzfassung:** Vor der Auslegung von Bildschirmarbeitsplätzen ist es wichtig, diese auch im Hinblick auf die Anforderungen älterer Arbeitspersonen ergonomisch zu bewerten. Der Einsatz von großflächigen berührungssensitiven Bildschirmen erscheint vielversprechend für die Gestaltung der Mensch-Rechner Interaktion, insbesondere bei der Darstellung und Bearbeitung komplexer Informationsstrukturen. Während körperferner Greif- und Hinlangebewegungen treten jedoch ergonomisch ungünstige Körperhaltungen auf, die durch eine Anpassung des Neigungswinkels des Bildschirms oder durch ein Arbeiten im Stehen beeinflusst werden können. Um eine ergonomisch geeignete Positionierung zu ermitteln, wurde eine Zeigeaufgabe von Probanden unterschiedlicher Altersgruppen an einem Mockup eines großflächigen Bildschirms durchgeführt. Analysiert wurden die Körperhaltung, die Greifräume und das Komfortempfinden von 22 Probanden.

**Schlüsselwörter:** Ältere Computerbenutzer, Ergonomische Arbeitsplatzgestaltung, Körperhaltungen, Greifräume.

## 1. Einleitung

In verschiedenen Studien zur Mensch-Rechner Interaktion konnte gezeigt werden, dass insbesondere ältere Computerbenutzer Probleme bei der Arbeit mit der Computermouse haben (Iwase & Murata 2003; Walker & Warden 1996). Der Vergleich von maus-, blick- und touchbasierter Informationseingabe zeigte, dass altersbedingte Unterschiede hinsichtlich der benötigten Bearbeitungszeit bei Zeige- und Verschiebeaufgaben durch die Verwendung eines Touchscreens minimiert werden können (Jochems 2010). Vielfältige Anwendungsgebiete wie beispielsweise die Projektplanung mit komplexen Netzplänen erfordern den Einsatz großflächiger Bildschirme. Durch die Weiterentwicklung der Touchscreen-Technologie zur Erkennung mehrerer Berührungspunkte können großflächige berührungssensitive Bildschirme für die gleichzeitige Informationseingabe und -ausgabe genutzt werden (Dietz & Leigh 2001). Die vertiefte ergonomische Untersuchung der Arbeit an großflächigen berührungssensitiven Bildschirmen erscheint demnach insbesondere für ältere Benutzer besonders interessant.

Hierbei ist es vor allem wichtig, die biomechanische Belastung und Beanspruchung beim Arbeiten an einem großflächigen berührungssensitiven Bildschirm altersdifferenziert zu bewerten und durch eine ergonomische Arbeitsplatzgestaltung zu optimieren.



## 2. Methode

Zur ergonomischen Gestaltung der Arbeit an einem berührungssensitiven Bildschirm wurden Körperhaltungen, Greifräume und das Komfortempfinden bei der Durchführung von Zeigeaufgaben altersdifferenziert analysiert. Hierfür wurde ein Mockup mit denselben physikalischen Abmessungen (Arbeitsfläche: 99x77cm) wie der bekannte Multitouchscreen „Diamond Touch“ verwendet. Die Position des Mockups wurde in 3 Neigungswinkeln ( $0^\circ$ ,  $8^\circ$ ,  $16^\circ$ ) variiert. Die Höhe wurde so angepasst, dass die Probanden die Experimentalaufgabe im Sitzen und Stehen ausführten. Als abhängige Variablen wurden die Körperhaltung, der maximale Greifraum sowie das Komfortempfinden bewertet. Die Körperhaltungen wurden mit einer Videokamera aufgenommen und die Gelenkwinkel analysiert. Die maximalen Greifräume des rechten und des linken Arms wurden von den Probanden im Sitzen und Stehen bei den Winkeln  $0^\circ$  und  $16^\circ$  markiert. Das subjektive Komfortempfinden in den verschiedenen Arbeitspositionen ( $0^\circ$  sitzend,  $8^\circ$  sitzend,  $16^\circ$  sitzend,  $0^\circ$  stehend,  $8^\circ$  stehend,  $16^\circ$  stehend) wurde mithilfe der ZEIS-Skala (Pitrella & Käßler 1988) erfasst (0=sehr unkomfortabel bis 14=sehr komfortabel).

Untersucht wurden 11 jüngere Probanden im Alter von 20-32 Jahren ( $M=23,82$ ,  $SD=3,516$ ) und 11 ältere Probanden zwischen 57 und 69 Jahren ( $M=64,36$ ,  $SD=3,443$ ). Zu Beginn der Untersuchung wurden demographische Daten sowie relevante anthropometrische Maße (Körpergröße, Armlänge, Griffachse nach vorne) nach DIN 33402-2 ermittelt. Auf dem Arbeitsbereich wurden 8 Zielpositionen ( $\varnothing=3\text{cm}$ ) gleichmäßig angeordnet. Ausgehend von einer Startposition sollten die Probanden 3-mal hintereinander auf jede Zielpositionen zeigen. Die Körperhaltungen der Probanden wurden deskriptiv dargestellt, die Flächeninhalte der Greifbereiche und das Komfortempfinden wurde mittels einer mehrfaktoriellen Varianzanalyse mit Messwiederholung ausgewertet. Als Signifikanzniveau wurde  $\alpha=0,05$  gewählt.

## 3. Ergebnisse

### 3.1 Körperhaltungen

Die Körperhaltungen der Probanden bei der Durchführung der Zeigeaufgabe werden durch die Gelenkwinkel beschrieben. Bei der Analyse der eingenommenen Körperhaltungen wird deutlich, dass große interindividuelle Unterschiede in der Haltung



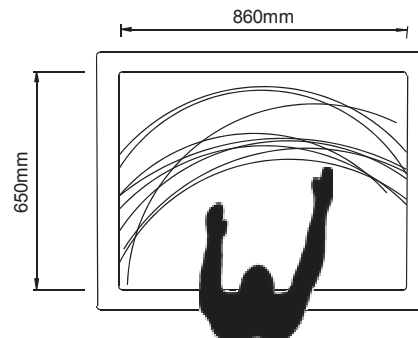
**Abbildung 1:** Unterschiedliche Körperhaltungen bei der Durchführung der Zeigeaufgabe (stehend links, sitzend rechts)



bestehen (vgl. Abbildung 1). Im Vergleich der beiden Altersgruppen besteht eine größere Streuung der anthropometrischen Maße bei den älteren Versuchspersonen. Bedingt dadurch sind auch die Körperhaltungen der älteren Probanden deutlich heterogener als die der Jüngeren.

### 3.2 Greifräume

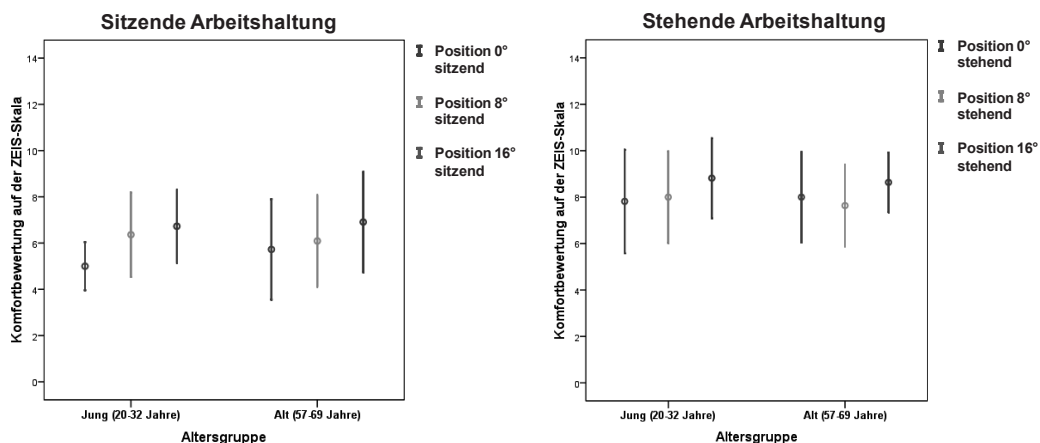
Die von den Probanden aufgespannten Greifräume weisen starke interindividuelle Unterschiede auf und sind zudem von der jeweiligen Arbeitsposition des Mockups abhängig (siehe Abbildung 2).



**Abbildung 2:** Exemplarische Darstellung der interindividuellen Unterschiede der Greifräume in der jüngeren Altersgruppe bei einem Neigungswinkel von 0°

Bei einem Neigungswinkel von 16° sind die Flächeninhalte der aufgespannten Greifbereiche erwartungsgemäß größer als bei einem Winkel von 0° ( $F(1,19)=23,682$ ,  $p=0,000$ ). Bei einer stehenden Arbeitshaltung ist der Greifraum signifikant größer als im Sitzen ( $F(1,19)=8,070$ ,  $p=0,010$ ). Der Faktor Alter hat keinen signifikanten Einfluss auf die Größe des Greifraumes ( $F(1,19)=1,530$ ,  $p=0,231$ ).

### 3.3 Komfortbewertung anhand der ZEIS-Skala



**Abbildung 3:** Komfortbewertung anhand der ZEIS-Skala in Abhängigkeit von Position und Alter (links sitzend, rechts stehend)

Die Komfortbewertung wurde mittels der ZEIS-Skala für die untersuchten Arbeitspositionen (0° sitzend, 8° sitzend, 16° sitzend, 0° stehend, 8° stehend, 16° stehend) durchgeführt (siehe Abbildung 3). Die Ergebnisse zeigen signifikante Unterschiede

zwischen einer sitzenden und stehenden Haltung ( $F(1,20)=25,466$ ,  $p=0,000$ ), und zwischen den Neigungswinkeln  $0^\circ$  und  $16^\circ$  sowie  $8^\circ$  und  $16^\circ$  ( $F(2,40)=7,601$ ,  $p=0,007$  bzw.  $p=0,006$ ). Zwischen den Altersgruppen liegen keine signifikanten Unterschiede vor. In beiden Altersgruppen wird die Position  $0^\circ$  sitzend am schlechtesten und  $16^\circ$  stehend am besten bewertet.

#### 4. Zusammenfassung

Die Durchführung einer Zeigeaufgabe an einem Mockup eines großflächigen berührungssensitiven Bildschirms zeigte, dass deutliche interindividuelle Unterschiede in der Körperhaltung und den Greifräumen der Probanden bestehen. Inferenzstatistisch ließen sich keine Alterseffekte nachweisen, allerdings zeigte sich bei der deskriptiven Auswertung der Körperhaltungen eine höhere Heterogenität in der Gruppe der Älteren. Durch die Komfortbewertung auf der ZEIS-Skala wurde eine subjektive bevorzugte Positionierung des Bildschirms bei einer stehenden Arbeitshaltung und einem Neigungswinkel von  $16^\circ$  ermittelt. In einem nächsten Schritt sollen die Ergebnisse durch eine Simulation der muskulären Belastung mithilfe eines biomechanischen Mensch-Modells simuliert werden. Hierfür werden die experimentell ermittelten Körperhaltungen in das an der Universität von Aalborg entwickelte Anybody Modeling System (Rasmussen et al. 2001; Rasmussen et al. 2003; Rausch et al. 2006) übertragen und eine muskuloskeletale Simulation durchgeführt. Mit Hilfe der biomechanischen Bewertung der verschiedenen Neigungswinkel ( $0^\circ$ ,  $8^\circ$ ,  $16^\circ$ ) und Arbeitspositionen kann eine Aussage über den Winkel, in dem der Bildschirm ausgerichtet sein sollte, um die muskuläre Belastung minimal zu halten, getroffen werden.

Die Arbeiten wurden von der Deutschen Forschungsgemeinschaft im Rahmen des Schwerpunktprogramms „Altersdifferenzierte Arbeitssysteme“ gefördert.

#### 5. Literatur

1. Dietz, P. & Leigh, D. 2001, Diamondtouch: a multi-user touch technology. In: Proceedings of the ACM Symposium on User interface Software and Technology, USA, S. 14.
2. DIN 33402-2, Ergonomie Körpermaße des Menschen Teil 2: Werte, Deutsche Fassung EN ISO 33402-2:2005. Berlin: Beuth.
3. Iwase, H. & Murata, A. 2003. Design Proposals to Assist Older Adults in Using a Computer Mouse, IEICE Transactions on Information and Systems, E86-D(1), 141-145.
4. Jochems, N. 2010, Altersdifferenzierte Gestaltung der Mensch-Rechner-Interaktion am Beispiel von Projektmanagementaufgaben, Dissertation RWTH Aachen. Aachen: Shaker-Verlag.
5. Pitrella, F.D. & Käppler, W.D. 1988, Identification and evaluation of scale design principles in the development of the extended range, sequential judgement scale, Forschungsbericht Nr. 80. Wachtberg: Forschungsinstitut für Anthropotechnik.
6. Rasmussen, J., Dahlquist, J., Damsgaard, M., de Zee, M. & Christensen, S.T. 2003, Musculoskeletal Modeling as an Ergonomic design Method. Im Internet verfügbar unter: <http://anybody.auc.dk/pdf/Seoul.pdf>.
7. Rasmussen, J., Damsgaard, M. & Voigt, M. 2001, Muscle recruitment by the min/max criterion – a comparative numerical study, Journal Biomechanics, 34, 409-415.
8. Rausch, J., Siebertz, K., Christensen, S.T. & Rasmussen, J. 2006, Simulation des menschlichen Bewegungsapparates zur Innenraumgestaltung von Fahrzeugen. Im Internet verfügbar unter: <http://anybody.auc.dk/pdf/vdi-paper.pdf>.
9. Walker, N., Millians, J. & Worden, A. 1996, Mouse Acceleration and Performance of older Computer Users. In: Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 40th Annual Meeting, September 2-6 1996 Philadelphia. Santa Monica, CA: Human Factors & Ergonomics Society, S. 151-154.

## 3P zur Gestaltung alternsgerechter Arbeitsplätze

Gunther REINHART, Jörg EGBERS und Dino BORTOT

*Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften iwb,  
Technische Universität München,  
Boltzmannstraße 15, D- 85748 Garching*

**Kurzfassung:** Der demographische Wandel führt zu veränderten Profilen in der Serienmontage eingesetzter Werker und damit zu erweiterten Anforderungen an die Auslegung des Arbeitssystems. Ziel der nachfolgend beschriebenen Untersuchung ist die Einbindung der Lean- Methode 3P (Production Preparation Process) in frühe Phasen der Produktionsgestaltung unter Erweiterung um alternsbedingte Erkenntnisse. Die Ergebnisse der Studie werden nach einer Beschreibung der Methodenerweiterung anhand von Endmontagearbeitsplätzen der Automobilindustrie erläutert.

**Schlüsselwörter:** Demographischer Wandel, 3P, Montageplanung, Automobilmontage.

### 1. Der demographische Wandel in produzierenden Unternehmen

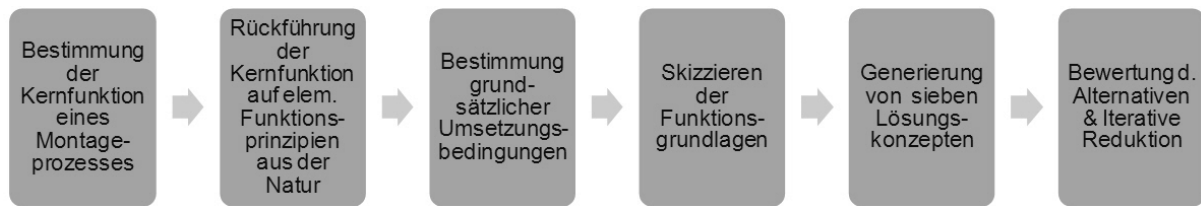
Ziel der Arbeitswissenschaft war immer, Effizienz (Produktivität) und Humanität miteinander zu verknüpfen (Zink 2009). Dieser Dualität versucht die Integration von Anforderungen alternder Belegschaften und veränderter Nutzerprofile in klassische Lean-Methoden gerecht zu werden. Die demographische Entwicklung und die steigende Anzahl an körperlichen Einschränkungen stellen neue Herausforderungen besonders für Montageplanungen dar. Nachträgliche Änderungen an Arbeitsplätzen beeinflussen die Wirtschaftlichkeit eines Montagesystems erheblich (Zäh et al. 2005), so dass Methoden und Werkzeuge zur Unterstützung einer alternsgerechten Montagegestaltung bei Erstrealisierung bereitgestellt werden müssen.

### 2. Planung alternsgerechter Arbeitsplätze mit 3P

Die Lean- Methode 3P ist Teil des Toyota Produktionssystems zur Verbindung der Produktivität einer Massenproduktion mit der Qualität der Werkstattfertigung (Liker et al. 2009). Es erfolgt eine simultane Planung von Anlagen, Fertigungsmitteln, Layout und Materialfluss mit Ausrichtung auf eine Taktzeit bei definierter Qualität. Der Methode liegt die Philosophie zugrunde, dass eine Optimierung nicht im Hinblick auf die einzusetzende Technologie, sondern mit Fokus auf die effizienteste Funktionserfüllung erreicht werden kann. Der Werker wird in den Entwicklungsprozess durch Teilnahme an Optimierungsworkshops eingebunden.

#### 2.1 Die klassische Lean-Methode 3P

Mit der 3P-Methode können unterschiedliche Untersuchungsgegenstände wie etwa die Arbeitsinhalte eines Taktes, eines Montage-/Fertigungsbandabschnittes, Fertigungsbereichs oder einer Fabrik betrachtet werden. Abbildung 1 zeigt die Vorgehensweise bei der Optimierung der Arbeitsinhalte eines Montageprozesses.



**Abbildung 1:** Arbeitsschritte eines 3P-Workshops (Optimierung eines Taktes)

Im Rahmen einer 3P-Arbeitsplatz-Optimierung werden sieben Alternativen generiert, deren Funktionsprinzip auf Beispielen aus der Natur basiert. Die Alternativen werden in einem iterativen Simulationsprozess überprüft, bewertet und selektiert, bis die hinsichtlich der definierten Bewertungskriterien beste Lösung verbleibt. Neben der Zykluszeit werden hierfür Kennzahlen wie die verbleibenden Bestände, Nacharbeit und Ausschuss, belegte Fläche und Ergonomieanalysen herangezogen.

## 2.2 Erweiterung der 3P-Methode um Kriterien der Alternsgerechtigkeit

Die Anwendung der 3P-Methode im klassischen Sinn sieht keine Berücksichtigung einer alternsgerechten Prozessgestaltung vor. Verfahren zur Bewertung der Alternsgerechtigkeit für frühe Phasen der Arbeitsplatz- oder Arbeitssystemgestaltung sind zudem nicht bekannt. Zur Beschreibung und Analyse von Ausprägungsformen der Anforderungen alternder Belegschaften für die Montagegestaltung wurde ein morphologischer Kasten entwickelt, der in der Literatur publizierte Anforderungen (nach Buck & Reif 1996; Frieling et al. 2007; Hacker et al. 1996; Kempe & Reif 1996; Täubert & Reif 1997) den technischen und organisatorischen Gestaltungsebenen von Montagesystemelementen und -arbeitsplätzen zuordnet und für jede Anforderung qualitative Ausprägungsformen beschreibt (vgl. Tabelle 1).

**Tabelle 1:** Morphologischer Kasten zur Berücksichtigung und Bewertung der Alternsgerechtigkeit in frühen Phasen der Montagesystemgestaltung (Auszug „Layoutplanung auf Systemebene“)

Anforderung	Ausprägungen				Anforderungsbewertung
<b>Taktunabhängigkeit der Verkettungsmittel</b>	Arbeitsplätze aufgrund Verkettungsmittel taktunabhängig	Taktabhängigkeit der Arbeitsplätze aktivier-/deaktivierbar	Bedingte Taktabhängigkeit, Werker entscheidet über Produktweitergabe	Arbeitsplätze aufgrund Verkettungsmittel taktabhängig	Anzahl/ Anteil taktunabhängiger Arbeitsplätze
<b>Zu- und Entkopplung einzelner Systembestandteile</b>	Modular kombinierbare Einzelsysteme	Modular zu- und entkoppelbares System ohne Kemsystem	Starres Kemsystem mit zu- und entkoppelbaren Zusatzsystemen	Starres System ohne Entkopplungsmöglichkeiten	Anzahl Module, Grad der Modularität
<b>Räumliche Integration von Modulmontagen in Endmontage</b>	Vor- und Modulmontage in direkter räumlicher Nähe zum Kernsystem		Vor- und Modulmontagen in räumlicher Entfernung vom Kemsystem		Wege & Zeiten für Arbeitsplatzwechsel zwischen Kem- und Teilsystemen

Dieser wird bei der Bewertung der generierten Lösungsalternativen zusätzlich zu den bisherigen Lean-Kriterien in Form einer Checkliste hinzugezogen, um die Auswahl von Funktionsprinzipien hinsichtlich der Erfüllung einer alternsgerechten Gestaltung zu unterstützen. Erfüllen die simulierten Prinzipien die Forderungen der Alternsgerechtigkeit nicht, so wird die Lösung verworfen.

## 3. Beispielhafte Methodenanwendung in der Automobilendmontage

Zur Überprüfung der Methodenmodifikation erfolgt die Optimierung von fünf End-

montagearbeitsplätzen. Im Fokus stehen klassisch belastende Arbeitsplätze wie die Kabelbaummontage, der Batterieeinbau oder der Teppicheinbau im Fahrzeugfußraum. Abbildung 2 veranschaulicht für letzteren zwei Alternativen zur Erfüllung der Kernfunktion „Bauteil von der Materialbereitstellung durch eine Öffnung führen“: „Element rollt“ (links) und „Element wird aufgespießt“ (rechts). Die Ansätze werden durch prototypische Aufbauten simuliert, in iterativer Folge hinsichtlich der beschriebenen Kriterien verglichen und in ihrer Anzahl reduziert.



**Abbildung 2:** Kartonagensimulation der beiden Varianten mit den besten Ergebnissen

Neben quantitativen Aussagen aus dem Vergleich von Kennzahlen wie Beständen und Zykluszeiten liefert der morphologische Kasten qualitative Ergebnisse zur Alternsgerechtigkeit entwickelter Ansätze und deckt zu optimierende Gestaltungselemente auf. Tabelle 2 zeigt für ausgewählte Alternativen die Vereinbarkeit der Taktzeitreduktion mit gleichzeitiger Optimierung belastender Arbeitsprozesse.

**Tabelle 2:** Bewertung von vier Varianten zum Teppicheinbau (markiert: ausgewählte Alternative)

	Ausgangssituation	Alternative 1: Einlegen	Alternative 2: Aufspießen	Alternative 3: Shooter/ Berg	Alternative 4: Lastmanipulator
<b>Zykluszeit</b>	120s	74,4s	75,5s	56,7s	87,8s
<b>Ergonomie/ Alternsgerechtigkeit</b>	Mehrfachhandling	Kein Mehrfachhandling	Kein Mehrfachhandling	Kein Mehrfachhandling	Mehrfachhandling
	Manuelle Lastenhandhabung	Manuelle Lastenhandhabung	Keine Lastenhandhabung	Keine Lastenhandhabung	Keine Lastenhandhabung

#### 4. Wertschöpfungsorientierung und Alternsgerechtigkeit - ein Widerspruch?

Die durchgeführte Studie an fünf Montagearbeitsplätzen zeigt für Anforderungen der Alternsgerechtigkeit und der Wertschöpfungsorientierung eine teilweise Übereinstimmung. Im zuvor dargestellten Beispiel wurde die dritte Alternative ausgewählt. Diese zeigt das höchste Reduktionspotenzial bei der Zykluszeit und vermindert bisherige Belastungsschwerpunkte. Arbeitsplatzübergreifend lässt sich der bei der Alternsgerechtigkeit geforderte Belastungsausgleich mit der Sicherstellung der Werkerqualifizierung vereinbaren, indem Job Rotation-Zyklen auf beide Anforderungen ab-



gestimmt werden (vg. Tabelle 3).

**Tabelle 3:** Anforderungen der Alternsgerechtigkeit und der Wertschöpfungsorientierung und deren Vereinbarkeit

	Alternsgerechtigkeit	Wertschöpfungs-orientierung	Kompati-bilität
<b>Bewegungsfluss</b>	Verhindern von Zwangshaltungen	Entfall von Ausgleichs- & Kompensationsbewegungen	
<b>Unterstützer-prinzip</b>	Fähigkeitsentfaltung/ Psychische Entlastung	Produktionsglättung/ Verringerung Fehlerquote	
<b>Job rotation</b>	Belastungsausgleich	Sicherstellung der Mitarbeiterqualifizierung	
<b>Modularisierung</b>	Variation von Arbeits- belastung und -inhalten	Fischgrätprinzip	

Die vorgestellte Näherung anhand eines morphologischen Kastens zur Bewertung der Alternsgerechtigkeit und die Integration in praxisnahe Methoden des Lean-Systems liefert Montageplanern neben der mit Belastungsanalysen durchführbaren ergonomischen Bewertung wertvolle Hinweise für eine zukünftige Arbeitsgestaltung auf Arbeitsplatz- und Arbeitssystemebene und fördert die Integration von Belegschaftsanforderungen in die Montagesystemgestaltung.

## 5. Literatur

1. Buck, H. & Reif, A. 1996, Betriebliche Folgen veränderter Altersstrukturen in der Montage. In: H. J. Bullinger & H. Enderlein (Hrsg.), Betriebliche Folgen veränderter Altersstrukturen in der Montage. Chemnitz: TU Chemnitz, S. 3–22.
2. Frieling, E., Buch, M., Weichel, J. & Urban, D. 2007, Altersgerechte Montage in der Automobilindustrie. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg.), Die Kunst des Alterns. Dortmund: GfA-Press, S. 101–113.
3. Hacker, W. & Bergmann, B. (Hrsg.) 1996, Erwerbsarbeit der Zukunft - auch für "Ältere"?. Stuttgart: vdf Hochschulverlag.
4. Kempe, G. & Reif, A. 1996, Altersadäquate Montageorganisation und -planung. In: H. J. Bullinger & H. Enderlein (Hrsg.), Betriebliche Folgen veränderter Altersstrukturen in der Montage. Chemnitz: TU Chemnitz, S. 23–44.
5. Liker, J.K. & Meier, D.P. 2009, Der Toyota-Weg. Für jedes Unternehmen. München: FinanzBuch-Verlag.
6. Täubert, J. & Reif, A. 1997, Leitfaden zur alter(n)sgerechten physiologischen Arbeitsgestaltung in der Montage. Chemnitz: TU Chemnitz.
7. Zäh, M.F., Wagner, W. & Prash, M. 2005, Montagestrukturen für alternde Belegschaften, wt Werkstattstechnik online, Jg. 95, Heft 9, 637–642.
8. Zink, K.J. 2009, Der arbeitswissenschaftliche Leistungsbegriff aus makroergonomischer Perspektive. In: K. Landau (Hrsg.), Produktivität im Betrieb. Stuttgart: Ergonomia, S. 19–34.

### Acknowledgement

Im Forschungsverbund der bayerischen Forschungstiftung „FitForAge“ arbeitet ein Wissenschaftlerteam von 13 Lehrstühlen der vier Bayerischen Universitäten Erlangen-Nürnberg, München, Regensburg und Würzburg zusammen mit 25 Industriepartnern an der Entwicklung von technologiebasierten Produkten und Dienstleistungen für den älter werdenden Menschen.



# Inter-Rater-Reliabilität eines Verfahrens zur Ergonomiebewertung im Frühstadium der Produktionsplanung

Jürgen KLIPPERT

*Institut für Arbeitswissenschaft, Universität Kassel,  
Heinrich-Plett-Str. 40, D-34109 Kassel*

**Kurzfassung:** Ein Verfahren, dass die ergonomische Bewertung von Tätigkeiten im sehr frühen Stadium der Produktionsplanung ermöglicht, wurde einer Reliabilitätsprüfung unterzogen, um zu ermitteln, ob die erzielten Ergebnisse denen entsprechen, die durch konventionelle Beobachtungsverfahren gewonnen werden.

**Schlüsselwörter:** Arbeitsanalyse, Arbeitsbewertung, Automobilmontage, Bewegungsaufnahme.

## 1. Einleitung

Im Rahmen der Produktionsplanung in der Automobilmontage werden Produktions- und Montageabläufe sowie logistische Prozesse vor ihrer Umsetzung möglichst realistisch simuliert, um Folgekosten nicht produktionsgerechter Produkte und ineffizienter Prozesse zu vermeiden. Weil bei der Produktionsplanung oftmals auf die Simulation der Montagetätigkeiten verzichtet wird, können ergonomische Belastungsschwerpunkte meist erst entdeckt werden, wenn die Produktionsanlagen errichtet sind. Ihre Beseitigung ist in diesem Stadium der Produktionsplanung jedoch mit sehr hohen Kosten verbunden und wird daher aus betriebswirtschaftlichen Gründen oft verworfen. Dies führt dazu, dass ergonomische Erkenntnisse nicht zum tragen kommen (Klippert et al. 2008; Klippert et al. 2007). An der Universität Kassel wurde ein Verfahren entwickelt, dass die ergonomische Bewertung von Tätigkeiten im sehr frühen Stadium der Produktionsplanung, noch vor der physischen Implementierung der Maschinen und Anlagen, ermöglicht. Produktionsumgebungen werden als Mock Ups aus preiswerten Materialien, wie Holz oder Pappe, nachgebaut. In dieser Umgebung können dann die Montagetätigkeiten durch Werker simuliert und optimiert werden. Gleichzeitig werden die Bewegungen der Werker mittels einer eigens angepassten Bewegungs-aufnahmetechnik erfasst und anschließend mit geringem Zeitaufwand automatisch analysiert (vgl. Gudehus 2009). Die Ergebnisse der Ergonomieanalyse können so direkt in den Optimierungsprozess für Maschinen und Anlagen eingebracht werden und erlauben so die Berücksichtigung ergonomischer Aspekte bei der Optimierung. Wenn die so geplanten Produktionsanlagen in Betrieb genommen worden sind, kann durch Vergleichsuntersuchungen überprüft werden, ob die ergonomischen Bedingungen optimal gestaltet sind. Daher ist das System auch in realen Produktionsumgebungen einsetzbar. Die mit dem System gewonnenen Bewegungsdaten werden mittels einer an der Universität Kassel entwickelten Software (Gudehus 2009) automatisch nach dem OWAS Verfahren (Karhu et al. 1981) ausgewertet. Das OWAS Verfahren wurde als Beobachtungsverfahren konzipiert, das auf die Haltungen des Rückens (z.B. Verdrehung, Beugung), der Arme (z.B. Überkopfarbeit) und der Beine (z.B. Stehen, Knien, Gehen) fokussiert. Naturgemäß kommt es dabei zwischen verschiedenen Beobachtern zu differierenden Ergebnissen. Wenn die Ergeb-

nisse des Verfahrens aussagefähig sein sollen, müssen die von verschiedenen Beobachtern wahrgenommenen Körperhaltungen eine möglichst hohe Reliabilität (Inter-Rater-Reliabilität) aufweisen.

## 2. Vorgehen zur Ermittlung der Reliabilität

In verschiedenen Studien wurde die Inter-Rater-Reliabilität des OWAS Verfahrens bereits untersucht. Nach einer Studie von Kivi & Mattila (1991) variiert die Rate einheitlicher Einschätzung der Haltungen zwischen verschiedenen Beobachtern bei den unterschiedlichen Körperpartien zwischen 85% und 94%. Die gleiche Einschätzung der Armhaltungen ist mit 94% am höchsten. Die Rückenhaltungen werden zu 86% gleich eingeschätzt. Diese Studie ermittelte die geringste Rate gleicher Erkennung bei den Beinhaltungen mit 85%. Eine andere Studie ermittelte Inter-Rater-Reliabilitäten für die Haltungen der verschiedenen Körperpartien zwischen 87% und 100% (Li & Lee 1999). Videoaufnahmen von Tätigkeiten auf Baustellen wurden von mehreren Menschen bewertet. Die Menge der gleich kodierten Rückenhaltungen variierte zwischen 87% und 98% in verschiedenen Tests. Die Armhaltungen variierten zwischen 97% und 100% und die Beinhaltungen zwischen 93% und 98%. Für die hier beschriebene Inter-Rater-Reliabilitätsuntersuchung bedeutet dies, dass die Unterschiede in der Bewertung zwischen einem Menschen und dem softwarebasierten System im selben Rahmen wie in den oben erwähnten Studien variieren sollten, d.h. die Übereinstimmungen sollten im Mittel für jeden Bereich (Rücken, Arme, Beine) mindestens 85% betragen. Als Datengrundlage stehen je 2 Aufnahmen im Labor (Lab 1 und Lab 2) und an der Montagelinie (Linie 1 und Linie 2), also insgesamt vier Tests, zur Verfügung (vgl. Tabelle 1). Die Dauer der beiden Aufnahmen im Labor betragen je etwa fünf Minuten, die beiden Aufnahmen an der Montagelinie sind je etwa vier Minuten lang. Parallel zu den Bewegungsdaten wurde ein Videofilm der Tätigkeit aufgenommen. Als Testperson für die Aufnahmen im Labor fungierte ein Mitglied des Forschungsteams, das die Tätigkeit, die der realen Tätigkeitsbeschreibung eines Automobilherstellers weitestgehend entsprach, in dieser Form schon mehrfach ausgeführt hatte. Die Tätigkeit an der Montagelinie wurde von einem Montagewerker durchgeführt, der regulär an dieser Linie arbeitet. Beide Versuchspersonen können somit als geübt klassifiziert werden. Zunächst wurden die vom softwarebasierten System ermittelten Körperhaltungen anhand der Aufnahmen in äquidistanten Intervallen von drei Sekunden in Form der beim OWAS Verfahren gebräuchlichen Codes notiert. Die parallel aufgenommenen Videofilme dienten als Grundlage für die Arbeitsbeobachtung durch zwei verschiedene Ergonomieexperten, die die Filme unabhängig voneinander betrachteten und ebenfalls alle drei Sekunden, also jeweils zu den gleichen Zeitpunkten an denen die Ergebnisse des softwarebasierten Systems notiert wurden, die von ihnen beobachteten Körperhaltungen in Form der OWAS Codierungen notierten. Anschließend wurden die Ergebnisse paarweise verglichen und der Anteil der übereinstimmenden Notierungen für die Haltungen des Rückens, der Arme und der Beine ermittelt. Dabei wurden zunächst die Urteile der Beobachter 1 und 2 verglichen und anschließend die Übereinstimmung der Urteile der beiden Beobachter mit denen des softwarebasierten Systems ermittelt. Für jeden der vier Tests (Lab 1 und 2, Linie 1 und 2) wurde das arithmetische Mittel der Übereinstimmungen bestimmt. In einem letzten Schritt wurde das arithmetische Mittel aller Übereinstimmungen der jeweiligen Körperpartien (Rücken, Arme, Beine) errechnet (siehe Tabelle 1).

### 3. Ergebnisse

Vergleicht man die für die einzelnen Tests (Lab 1, Lab 2, Linie 1, Linie 2) ermittelten Durchschnittswerte für die Übereinstimmungen der Haltungen des Rückens, so liegt der Anteil der gleich kodierten Rückenhaltungen zwischen 79% und 90 % (gerundete Werte, vgl. Tabelle 1). Die einzelnen Werte variieren zwischen Übereinstimmungen von 68,32% bis 98,99%. Der Durchschnitt bei allen vier Tests ermittelten Werte für den Rücken liegen bei (gerundet) 83 %. Somit wird die oben aufgestellte Vorgabe um knapp 2% verfehlt.

Für die Armhaltungen ergibt sich folgendes Bild: die Mittelwerte der gleich kodierten Armhaltungen liegen zwischen 97% (gerundet) und 100%. Die Spannweite der ermittelten Werte über alle vier Tests bewegt sich zwischen rund 96% und 100%. Der Durchschnittswert aller ermittelten Übereinstimmungen der Armhaltungen liegt bei (gerundet) 99%. Er liegt damit weit über der oben definierten Vorgabe von 85%.

Der Anteil der gleich kodierten Beinhaltungen liegt bei Betrachtung der Mittelwerte der Tests zwischen 83% (gerundet) und 98%. Der kleinste ermittelte Wert von allen vier Tests liegt bei 76,47% und der größte ermittelte Wert bei 100%. Der Durchschnittswert für die Beinhaltungen über alle Tests hinweg ergibt 91%. Auch hier wurde der Vorgabewert von 85% weit überschritten.

**Tabelle 1:** Übereinstimmungen der beobachteten bzw. softwaretechnisch ermittelten Körperhaltungen

		<b>Beobachter 1 / Beobachter 2</b>	<b>Beobachter 1 / Software</b>	<b>Beobachter 2 / Software</b>	<b>Mittelwerte</b>
		%	%	%	%
<b>Rücken</b>	Lab 1	88,82	98,99	81,82	89,88
	Lab 2	72,28	96,04	68,32	78,88
	Linie 1	72,55	90,2	76,47	79,74
	Linie 2	83,58	85,07	76,12	81,59
					<b>82,52</b>
<b>Arme</b>	Lab 1	98,99	100	98,99	99,33
	Lab 2	98,02	99,01	97,03	98,02
	Linie 1	96,08	98,04	98,04	97,39
	Linie 2	100	100	100	100,00
					<b>98,68</b>
<b>Beine</b>	Lab 1	97	99	98	98,00
	Lab 2	96,04	100	96,04	97,36
	Linie 1	92,16	80,39	76,47	83,01
	Linie 2	86,27	92,16	78,43	85,62
					<b>91,00</b>

### 4. Diskussion

Die Haltungen der Arme werden von der Software hervorragend erkannt. Die geringste Übereinstimmung wurde mit 96,08% beim Vergleich der beiden Beobachter ermittelt, d.h. die Vergleiche des softwarebasierten Systems mit den Beobachtern wiesen durchweg höhere Werte für die Übereinstimmung auf. Somit ist festzuhalten, dass die Erkennung der Armhaltungen durch die Software sehr zuverlässig funktioniert.

Ähnliches lässt sich für die Erkennung der Haltungen der Beine sagen. Auch diese werden im Durchschnitt mit deutlich höheren Übereinstimmungen als 85% erkannt. Der geringste Einzelwert für die Übereinstimmung wurde hier beim Vergleich des softwarebasierten Systems mit Beobachter 2 beim Test Linie 1 ermittelt. Die Übereinstimmung liegt in diesem Fall bei 76,47%. Auch der zweitschlechteste Wert (78,43% Übereinstimmung) ist bei einem Test an der Montaglinie zu verzeichnen. Hierzu ist jedoch anzumerken, dass bei den Videoaufnahmen an der Montaglinie die Beine des Probanden mehrfach verdeckt waren und daher von den Beobachtern der OWAS Code für die Beine in diesen Situationen nicht eindeutig bestimmt werden konnte. Besonders schwer fiel in diesen Fällen die Unterscheidung zwischen den OWAS Codes „2“ für „Stehen, beide Beine gerade“ und „3“ für „Stehen auf einem Bein“. Die korrekte Erkennung der Körperhaltungen ist jedoch unabhängig davon, ob das System im Labor oder unter industriellen Bedingungen eingesetzt wird. Zwar wurden in den Aufnahmen an der Montagelinie, wie oben geschildert, die Beinhaltungen schlechter erkannt. Ein Blick auf die Werte für die Übereinstimmung bei den Rückenhaltungen belegt dass hier der geringste Wert bei einem Test im Labor (Lab 2) beim Vergleich der Beobachter mit 72,28% Übereinstimmung zu verzeichnen ist.

Bei Übereinstimmungen zwischen 78,88% und 89,88% können die Werte für die Erkennung der Rückenhaltungen noch nicht ganz überzeugen. Der Durchschnitt der Übereinstimmungen bei den Rückenhaltungen über alle vier Tests liegt bei gerundeten 83% und damit knapp unter dem aus den zitierten Studien abgeleiteten Sollwert von 85%. Die Haltungen der Arme und Beine werden jedoch gut erkannt, so dass dem softwarebasierten System hier volle Praxistauglichkeit zugestanden werden kann. Zweifelsohne besitzt das softwarebasierte System bei der Rückenhaltungserkennung Verbesserungspotenzial. Es muss sensibler auf Verdrehungen des Rückens reagieren. Hier können die entsprechenden Algorithmen weiter verbessert werden. Die Abweichungen bei der Erkennung der Haltungen des Rückens vom oben gesetzten Sollwert liegen jedoch mit 2,48% in einem Bereich der fürs erste tolerierbar erscheint, so dass das System im gegenwärtigen Entwicklungsstand für den praktischen Einsatz verwendbar ist.

## 5. Literatur

1. Gudehus, T. 2008, Entwicklung eines Verfahrens zur ergonomischen Bewertung von Montagetätigkeiten durch Motion Capturing, Dissertation. Kassel: Kassel University Press.
2. Karhu, O., Härkönen, R., Sorvali, P. & Vepsäläinen, P. 1981, Observing working postures in industry: Examples of OWAS application, *Applied Ergonomics*, 12, 13-17.
3. Kivi, P. & Mattila, M. 1991, Analysis and improvement of work postures in the building industry - Application of the computerised OWAS method, *Applied Ergonomics*, 22, 43-48.
4. Klippert, J., Fritzsche, L., Gudehus, T., Zick, J., Steck, S.D., Ehlers, R., Barcenas, A., Di Pardo, M., Sessa, F., Ellegast, R., Engstler, F. & Schaub, K. 2008, Motion Capturing for Preventive Ergonomic Assessment - Possibilities and Challenges for Practical Application. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg.), *Produkt- und Produktionsergonomie - Aufgabe für Entwickler und Planer*. Dortmund: GfA-Press, S. 891-894.
5. Klippert, J., Fritzsche, L., Gudehus, T. & Zick, J. 2007, Präventive computerunterstützte Ergonomieanalyse unter Berücksichtigung physischer und psychosozialer Faktoren. In: P.Metz, A.-M. Bärenz & H.-J. Rothe (Hrsg.), *Psychologie der Arbeitssicherheit und Gesundheit - Arbeitsschutz, Gesundheit und Wirtschaftlichkeit*. Kröning: Asanger Verlag, S. 61-64.
6. Li, K.W. & Lee, C. -L. 1999, Postural Analysis of Four Jobs on Two Building Construction Sites - An Experience of Using the OWAS Method in Taiwan, *Journal of Occupational Health*, 41, 183-190.

# Prospektive Ergonomie rechnet sich – Wirkungsvoller als Nachbesserung

Steffen RAST

*Deutsche MTM-Gesellschaft mbH,  
Elbchaussee 352, D-22609 Hamburg*

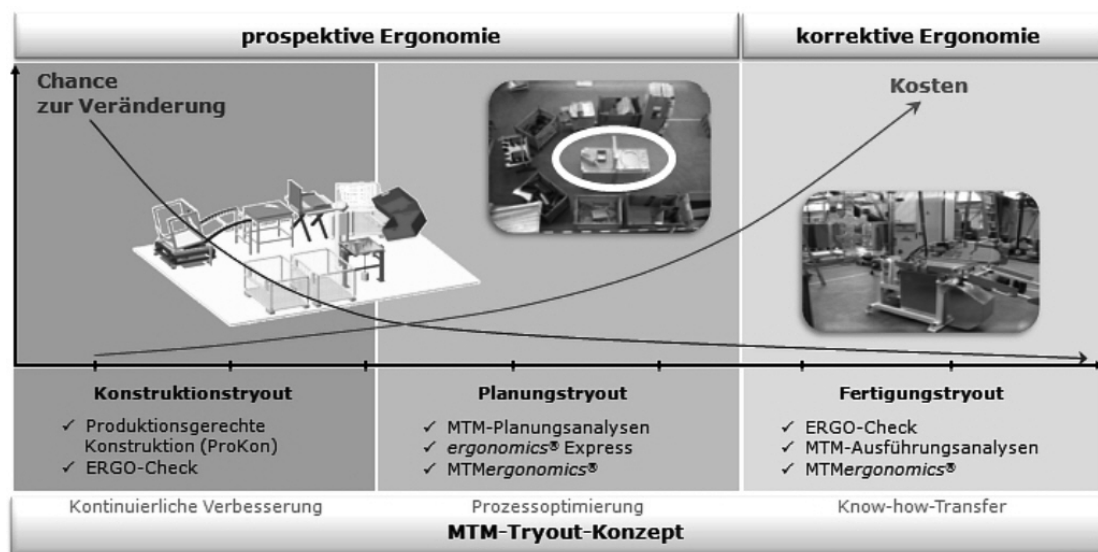
**Kurzfassung:** Gut gestaltete Arbeit hilft Fehlbelastungen zu vermeiden, die Gesundheit und Leistungsfähigkeit zu erhalten und die Motivation der Mitarbeiter zu fördern. Hier setzen die MTM-Ergonomie-Werkzeuge (ERGO-Check, E-learning-System GAG, ergonomics® Express und MTMergonomics®) an. Ihr Ziel ist es, in der Konzeptphase der Fertigungsplanung physische Belastungen zu prognostizieren und in der laufenden Produktion ergonomische Defizite zu erkennen, zu bewerten und zu beseitigen.

**Schlüsselwörter:** Ergonomie, Belastung, Verfahren, Standard.

## 1. Einleitung

Häufig besteht bei der Gestaltung von Arbeitssystemen ein Widerspruch in der Planung zwischen der Ergonomie und Effizienz. Die Problematik verschärft sich dadurch, dass ergonomische Defizite meist erst dann sichtbar werden, wenn die Mitarbeiter im Arbeitssystem tätig sind oder es zu krankheitsbedingten Ausfällen kommt.

Ziel ist es daher, die zeitliche Lücke zwischen Prozessplanung und späterer ergonomischer Bewertung zu überwinden, so dass die Synergien zwischen Ergonomie und Effizienz besser genutzt werden können. MTM (Methods-Time Measurement) fasst die Erfordernisse von konzeptiver bzw. prospektiver Ergonomie zusammen (Landau 2007). So werden in der frühen Planungsphase von Produkt und Produktion ergonomische, organisatorische und technische Gestaltungsmaßnahmen am effizientesten aufeinander abgestimmt, da der Gestaltungsspielraum hier am größten ist (vgl. Abbildung 1).



**Abbildung 1:** Wechselseitige Beeinflussung von Wirtschaftlichkeit und Ergonomie



## 2. Ziele

Die ganzheitliche Gestaltung des Arbeitsplatzes und der Arbeitsbedingungen entsprechend einer ergonomischen und ökonomischen Zielstellung lässt sich nur umfassend realisieren, wenn bereits in der Planungsphase eines Arbeitssystems ergonomische Erkenntnisse einbezogen werden. Daher sollte möglichst früh mit der Ergonomie umgegangen werden – „Sicherheit für ihre Planung – alle Ampeln auf Grün“. Mit der Verbindung von MTM (z. B. Prozessbausteine UAS, universelles Analysier-System) und Ergonomie (z. B. Standardergonomie-Verfahren EAWS, European Assembly Worksheet) werden mehrere Leitsätze berücksichtigt (vgl. Tabelle 1).

**Tabelle 1:** Leitsätze für die Verbindung von MTM und der Ergonomie

<b>vorausschauend</b>	Erfassung des ergonomischen Risikos bereits in der Konzeptphase der Fertigungsplanung mit dem Ziel der Kostenreduzierung – „von Anfang an richtig“.
<b>flexibel</b>	Einfache Gegenüberstellung verschiedener Alternativen, z. B. bezüglich der Körpergröße und des Geschlechtes in Anpassung an die vorhandenen Nutzerpopulationen.
<b>gestaltend</b>	Bewertung von Maßnahmen zur Änderung des Arbeitsplatz- bzw. Arbeitssystemlayouts bereits in der Planungsphase.
<b>systematisch</b>	Schaffung einer strukturierten Ablage von ergonomischen Risikoanalysen (bei autorisiertem Zugriff) unter Orientierung an MTM-analysierten Abläufen.
<b>abgesichert</b>	Berücksichtigung rechtlicher Anforderungen (z. B. des Arbeitsschutzgesetzes, insbesondere § 3 bis § 6) an die Arbeitsplatz- und Arbeitssystemgestaltung.

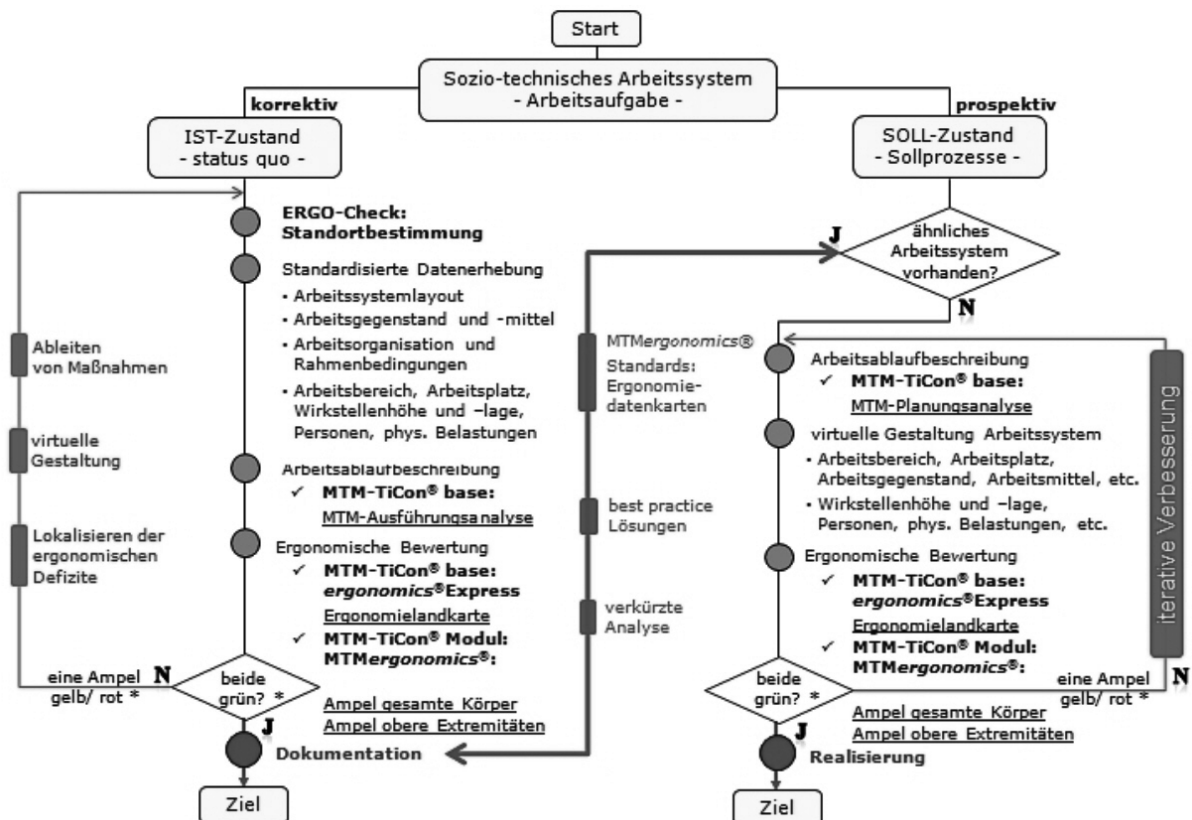
Die herkömmliche Gestaltung von Arbeitssystemen und –abläufen sowie deren Optimierung wird bisher nicht zwangsläufig in der Kombination mit einer ergonomischen Risikoabfrage durchgeführt, weil dazu die entsprechenden Werkzeuge fehlten. Ergonomieanalysen und deren Durchführung sind jedoch für den Arbeitgeber verpflichtend und deren Anwendung in zahlreichen Gesetzen verankert. Durch das Geräte- und Produktsicherheitsgesetz soll perspektivisch gewährleistet werden, dass bei der Gestaltung von Maschinen und Anlagen durch Konstrukteure und Gestalter Sicherheit und eine menschengerechte Gestaltung gewährleistet wird (Kiepsch et al. 2007). So sind u. a. nach Maßgabe der EU-Richtlinien und zahlreicher zugehöriger Normen sowohl vom Konstrukteur bzw. Maschinenhersteller (Maschinen-Richtlinie 98/37/EG (89/392/EWG)) ergonomische Risikoanalysen, als auch vom Betreiber eine Gefährdungsbeurteilung (Rahmen-Richtlinie 89/391/EWG) durchzuführen (Bokranz & Landau 2006).

## 3. Anwendung im Unternehmen

Die erfolgreiche Einführung der Ergonomie in einem Unternehmen setzt jedoch einen Ergonomieprozess voraus, der seinerseits geeignete betriebliche Strukturen und



Ergonomie-Werkzeuge zur Prognose und Bewertung der Arbeitsabläufe erfordert. Grundlage für den korrekten Umgang mit solchen Werkzeugen ist ein Ergonomietraining, das ergonomisches Grundlagenwissen vermittelt und auch das korrekte Anwenden der Werkzeuge selbst schult. Darüber hinaus muss auf allen betrieblichen Ebenen der Nutzen eines Ergonomieprozesses bekannt sein und gelebt werden. Die folgenden Darstellungen (vgl. Abbildung 2 und Tabelle 2) zeigen den iterativen Prozess bei der Durchführung von ergonomischen Risikoanalysen, bei der anschließenden Gestaltung auf der Basis von MTM-Prozessbausteinen sowie bei deren begleitender Umsetzung (Deutsche MTM-Vereinigung e.V. 2009).



**Abbildung 2:** Standardvorgehensweise für die prospektive und korrektive Ergonomie (Legende: (beide grün?)\* und eine Ampel gelb/ rot \*)

In Abhängigkeit von der Punktschätzung ( $\leq 25$  grün,  $> 25$  bis  $\leq 50$  gelb und  $> 50$  rot) erfolgt gemäß CEN (EN 1050) ISO Richtlinien (ISO Guide 51) zur Risikoanalyse eine Bewertung nach dem Ampelprinzip (EN 614) die Zuweisung einer Ampelfarbe.

#### 4. Ergebnisse

Schon in frühen Entstehungsphasen industrieller Produkte werden Fertigungszeiten auf Basis von MTM ermittelt. Dabei wird besonderes Gewicht auf die Verknüpfung von ergonomischen, organisatorischen und zeitbezogenen Einflussgrößen gelegt. Änderungen in der Fertigungsplanung können dann z. B. ungünstige Belastungen eliminieren oder mindern und zu einer Verbesserung der prognostizierten bzw. erreichten ergonomischen Gestaltungsgüte führen.

So sind standardisierte Werkzeuge entstanden, die auf der Grundlage einer durchgängigen Datenbasis zur Strukturierung, Beschreibung und Gestaltung manuel-

ler Tätigkeiten und zur Verknüpfung mit modernen Ergonomie-Verfahren führen. Die Anwendung dieser Werkzeuge bewirkt eine interdisziplinäre Vernetzung der einzelnen Unternehmensbereiche und schafft ein innovationsfreudiges Umfeld für ein sicheres und gesundes Unternehmen.

**Tabelle 2:** Ergonomie-Werkzeuge und deren Anwendungsmöglichkeiten

<b>ERGO-Check</b>	Die Standortbestimmung dient der Feststellung des status quo und generiert zielgerichtet Handlungsbedarf z. B. beim Ergonomie-Prozess, den Ergonomie-Werkzeugen usw..
<b>E-learning-System GAG</b>	Die Software „Grundlagen der ergonomischen Arbeitsgestaltung (GAG)“ vermittelt in zehn Lektionen die theoretische Basis zur Produktionsergonomie. Sie eignet sich besonders zum Selbststudium.
<b>ergonomics<sup>®</sup> Express</b>	Ein Schnell-Screening-Verfahren aus der MTM-TiCon <sup>®</sup> Familie für die Prognose und Bewertung physischer Belastungen. Es eignet sich sowohl für einzelne Tätigkeiten und Arbeitsplätze als auch für gesamte Arbeitssysteme.
<b>MTMergonomics<sup>®</sup></b>	Ein offenes integratives Softwaremodul der MTM-TiCon <sup>®</sup> Familie. Diese Software ermöglicht, bereits zum Planungszeitpunkt physische Belastungen zu prognostizieren (Schaub et al. 2006).

## 5. Literatur

1. Landau, K. 2007, Best Practice im Arbeitsprozess. In: K. Landau (Hrsg.), Lexikon Arbeitsgestaltung. Stuttgart: Gentner Verlag, S. 906-910.
2. Kiepsch, H.-J., Decke, C. & Harifinger-Woitzik, G. 2007, Mensch und Arbeitsplatz, BG-Information-BGI, 523, 103-108.
3. Bokranz, R. & Landau, K. 2006, Produktivitätsmanagement von Arbeitssystemen: MTM-Handbuch. Stuttgart: Schäffer-Poeschel, S. 311-314 und S. 533-757.
4. Deutsche MTM-Vereinigung e.V. 2009, Das MTM-Infomagazin, 14. Jahrgang/ Ausgabe 43, ISSN 1868-0011.
5. Schaub, K., Britzke, B., Sanzenbacher, G., Jasker, K. & Landau, K. 2004, Ergonomische Risikoanalysen mit MTM-Ergo. In: K. Landau (Hrsg.), Montageprozesse gestalten: Fallbeispiele aus Ergonomie und Organisation. Stuttgart: ergonomia Verlag, S. 175-199.

# Konzeption eines Tätigkeitsanalyse- und Screening-Verfahrens zur Identifikation alterskritischer Handlungsfelder auf Basis des „Chemnitzer Altersmodells“

Mathias KEIL und Birgit SPANNER-ULMER

*Professur Arbeitswissenschaft, Technische Universität Chemnitz,  
Erfenschlager Straße 73, D-09125 Chemnitz*

**Kurzfassung:** Auf Basis der Datengrundlage des „Chemnitzer Altersmodells“ wird gegenwärtig an der Professur Arbeitswissenschaft der TU Chemnitz ein „altersdifferenziertes Tätigkeitsanalyse- und Screening-Verfahrens (ATS)“ entwickelt. Mit Hilfe des ATS können auf Basis altersabhängiger Leistungsfaktoren Arbeitsanforderungen und normierte Fähigkeiten gegenübergestellt und somit Handlungsfelder für die Entwicklung und Gestaltung von Produkten und Prozessen transparent aufgezeigt werden.

**Schlüsselwörter:** Chemnitzer Altersmodell, Chemnitzer Altersdatenbank, altersdifferenzierte Tätigkeitsanalyse, altersdifferenziertes Screening-Verfahren.

## 1. Motivation

Die demographische Entwicklung stellt heute und in Zukunft eines der bedeutendsten Handlungsfelder für Unternehmen dar, welches es im Hinblick auf den Erhalt der Wettbewerbs- und Innovationsfähigkeit zu bewältigen gilt. Der Bedarf an Forschung und wissenschaftlich begründeter Beratung im Hinblick auf den demographischen Wandel wächst ständig. Deutlich wird dies auch durch die Vielzahl geförderter Netzwerke und Forschungsprogramme auf europäischer und nationaler Ebene. Aus Sicht der Arbeitswissenschaft ist jedoch festzustellen, dass nach wie vor ein Defizit an benötigter Grundlagenforschung besteht (Frieling et al. 2004). Das DFG-Schwerpunktprogramm „Altersdifferenzierte Arbeitssysteme“ (SPP 1184) konnte hier in den vergangenen Jahren erhebliche Fortschritte nachweisen. Die im SPP verfolgten Forschungsvorhaben konzentrieren sich jedoch stets auf partielle Bereiche. Bis dato fehlt die Rückführung und Bündelung der Einzelergebnisse zu einem praxistauglichen Gesamtansatz zur altersdifferenzierten Arbeitssystemgestaltung. Für die altersdifferenzierte Planung von Arbeitssystemen sind, mit wenigen Ausnahmen, z.B. der ISO TR 22411 (2008), kaum ergonomische Richtlinien vorhanden. Auch existieren bisher keine Bewertungsverfahren, die den Einflussfaktor „Alter“ bei der Arbeitsplatzbewertung berücksichtigen. Das derzeit am IAD entwickelte „Assistenzsystem zur altersdifferenzierten Arbeitsgestaltung und zum Mitarbeitereinsatz“ (Rademacher et al. 2009) bietet das Potenzial, diese Lücke zu schließen, jedoch ist dessen Anwendung auf die Bewertung altersdifferenzierter Kraft- und Bewegungsabläufe beschränkt. Ein Ansatz, der sich auf alle für die Gestaltung von Arbeitssystemen relevanten altersabhängigen Leistungsfaktoren bezieht, fehlt weiterhin. Vor dem Hintergrund sich im Alter ändernder Leistungsbedingungen wird jedoch das frühzeitige Erkennen von altersdifferenzierten Gestaltungsfeldern bei Produkt, Prozess und Technologie bereits in den frühen Phasen der Produktentstehung und -herstellung für Unternehmen zu einem entscheidenden Erfolgsfaktor. Je früher es gelingt altersrelevant-

te Handlungsfelder aufzuzeigen, desto größer ist der Gestaltungsspielraum, um effiziente Lösungen für Mensch, Technik und Organisation zu erzielen (Spanner-Ulmer & Keil 2009).

## 2. Das „Chemnitzer Altersmodell“ und seine wissenschaftliche Datenbasis

Die Basis für eine altersgerechte Gestaltung von Produkten und Prozessen liegt in der Anpassung an die sich im Alter ändernden Leistungsfaktoren des Menschen. Das „Chemnitzer Altersmodell“ strukturiert altersabhängige Leistungsfaktoren anhand von neun Fähigkeitskategorien des Menschen. Eine Fähigkeitskategorie umfasst dabei alle altersabhängigen Faktoren der Leistungsfähigkeit, welche die konkrete Fähigkeit im Altersverlauf positiv oder negativ beeinflussen (Keil et al. 2009). Die Struktur des „Chemnitzer Altersmodells“ wurde in eine Datenbank, die „Chemnitzer Altersdatenbank“, überführt (vgl. Abbildung 1).

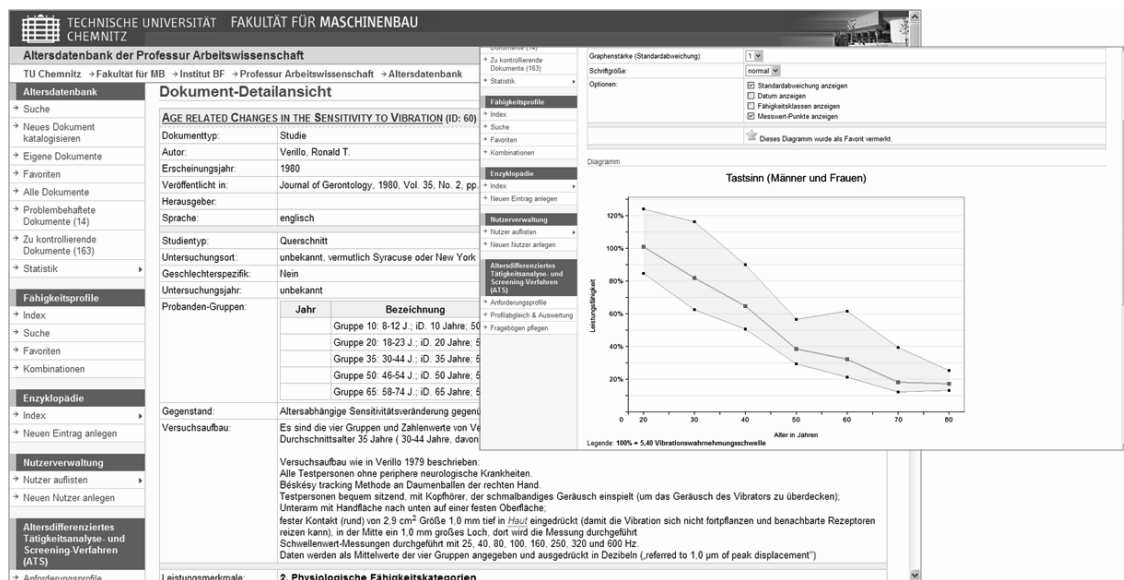


Abbildung 1: Bildausschnitt der „Chemnitzer Altersdatenbank“

Ziel ist es, über die Auswertung wissenschaftlich fundierter Studien, jene körperlichen und geistigen Veränderungen zu identifizieren, die im Sinne typischer Entwicklungsverläufe bei „gesund alternden“ männlichen und weiblichen Personen zwischen 20 und 70 Jahren auftreten. Zudem werden für jede Fähigkeitskategorie arbeitsgestalterische Möglichkeiten der Leistungsbeeinflussung und Trainierbarkeit erfasst (Keil & Spanner-Ulmer 2009). Die Veränderungen der Leistungsfaktoren im Altersverlauf lassen sich über Fähigkeitsprofile abbilden. Die Untersuchungsdaten der Studien werden dazu in die Größe der Leistungsfähigkeit transformiert und über das Alter abgetragen. Durch die Berücksichtigung der angegebenen Standardabweichungen lassen sich zudem interindividuelle Streubreiten des jeweiligen Leistungsmerkmals aufzeigen. In der „Chemnitzer Altersdatenbank“ konnten bereits über 900 wissenschaftlich fundierte Studien zu verschiedenen altersdifferenzierten Leistungsmerkmalen des Menschen ausgewertet und aufbereitet werden. Das „Chemnitzer Altersmodell“ gewährt damit erstmalig einen wissenschaftlich fundierten Überblick über alle bei der Gestaltung von Arbeitssystemen relevanten, sich im Alter verändernden physischen und psychischen Leistungsfaktoren des Menschen. Auf Grundlage der

vorliegenden altersabhängigen Referenzwerte wird gegenwärtig ein „altersdifferenziertes Tätigkeitsanalyse- und Screening-Verfahren“ entwickelt.

### 3. Entwicklung des „altersdifferenzierten Tätigkeitsanalyse- und Screening-Verfahrens (ATS)“

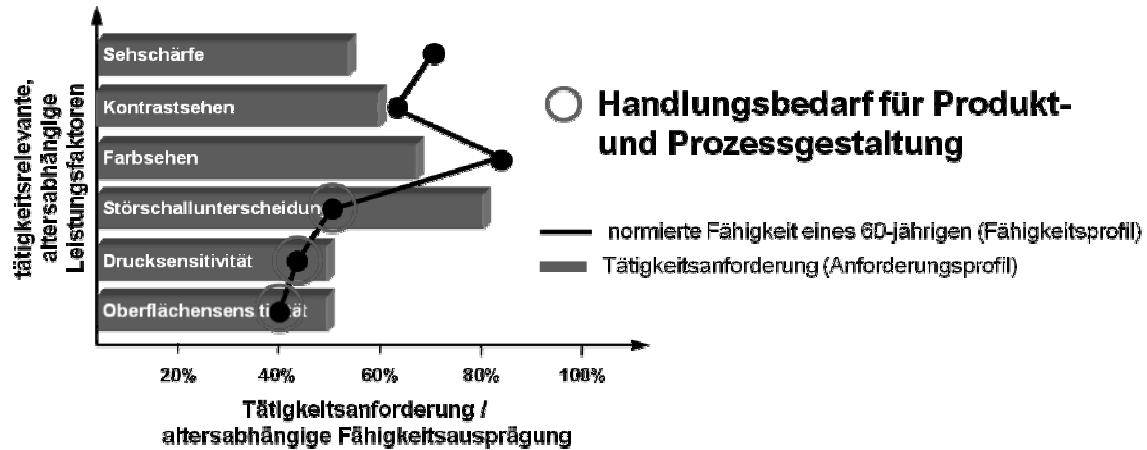
Die Gliederung des Subsystems Mensch in Informationsaufnahme, -verarbeitung und -umsetzung sowie die Modularisierung in Fähigkeitskategorien und dazu gehörige Leistungsfaktoren ermöglichen es, die für eine Arbeitstätigkeit notwendigen altersabhängigen Fähigkeiten „isoliert“ voneinander zu betrachten und zu bewerten. Für die Bewertung der Anforderungen werden zunächst alle tätigkeitsrelevanten Fähigkeitskategorien ausgewählt. Im Folgenden werden für jede Fähigkeitskategorie alle altersrelevanten Leistungsfaktoren hinsichtlich ihrer Anforderungen anhand eines Fragenkataloges bewertet. Die Anforderungsermittlung erfolgt durch eine fünfstufige Ordinalskala, wobei die Arbeitsanforderungen von 0 bis 5 zunehmen. Die Abstufungen der Skalenniveaus basieren auf physikalischen Kenngrößen, z.B. Leuchtdichte oder Objektgröße, und werden durch eine valide Datengrundlage ausgewählter Studien fundiert. Der Anwender wird bei der Bewertung durch Orientierungshilfen für geringe, mittlere und hohe Anforderungen sowie durch Beispiele unterstützt (vgl. Abbildung 2).

**Abbildung 2:** Anforderungsbewertung mit Hilfe des „altersdifferenzierten Tätigkeitsanalyse- und Screening-Verfahrens“ (ATS)

Im Ergebnis kann so für die Arbeitstätigkeit auf Basis altersrelevanter Leistungsfaktoren ein Anforderungsprofil erstellt werden. Dieses kann schließlich einem Fähigkeitsprofil, im Sinne normierter Fähigkeiten einer zu wählenden Altersgruppe, gegenübergestellt werden. Die Erstellung des Fähigkeitsprofils resultiert aus den wissenschaftlichen Daten der in der „Chemnitzer Altersdatenbank“ hinterlegten Forschungsstudien (vgl. Abbildung 3). Die Gegenüberstellung von Anforderungen und



normierten Fähigkeiten erlaubt es, alterskritische Anforderungen und damit Handlungsfelder für die Produkt- und Prozessgestaltung transparent aufzuzeigen. Handlungsbedarf entsteht dann, wenn die Arbeitsanforderungen den normierten Referenzwert der Fähigkeit eines Leistungsfaktors überschreiten. Je stärker dies der Fall ist, umso notwendiger werden arbeitswissenschaftliche Gestaltungsmaßnahmen.



**Abbildung 3:** Abgleich der Arbeitsanforderungen mit den normierten Mitarbeiterfähigkeiten mit Hilfe des „altersdifferenzierten Tätigkeitsanalyse- und Screening-Verfahrens“ (ATS)

#### 4. Ergebnisse und Ausblick

In einer ersten Studie der Professur Arbeitswissenschaft der TU Chemnitz konnte das Verfahren für die Analyse alterskritischer Handlungsfelder bei der Bewertung von Bedienkonzepten getestet werden (Jentsch et al. 2009). Ein Großteil der aus der Gegenüberstellung von Anforderungs- und Fähigkeitsprofil abgeleiteten Untersuchungshypothesen konnte bestätigt werden. Die Untersuchung hat jedoch auch gezeigt, dass es altersrelevante Einflüsse gibt, die über das Verfahren noch nicht abgedeckt werden können. Diese liegen beispielsweise in der Verstärkung altersrelevanter Fähigkeitseinschränkungen aufgrund pathologischer Alterseffekte. Die Weiterentwicklung des Verfahrens und dessen Anwendung im industriellen Kontext soll es ermöglichen, im frühen Stadium des Produkt-Prozesses alterskritische Handlungsfelder aufzuzeigen. Dies bildet die Voraussetzung für die systematische Verankerung altersgerechter Standards in der Prozessplanung und Produktentwicklung.

#### 5. Literatur

1. Frieling, E., Clement, U., Heuer, H., Landau, K., Spath, D. & Woll, A. 2004, Antrag auf Einrichtung eines Schwerpunktprogramms „Altersdifferenzierte Arbeitssysteme“.
2. ISO TR 22411 2008, Ergonomics data for the application of ISO/IEC Guide 71 to products and services to address the needs of older persons and persons with disabilities. Geneva: ISO.
3. Jentsch, M., Keil, M., Scherf, C., Kienast, H. & Spanner-Ulmer, B. 2009, Bewertung und Evaluation von Bedienkonzepten für Infotainmentsysteme im Dualtask auf Basis des Chemnitzer Altersmodells. In: 5. VDI-Tagung, Der Fahrer im 21. Jahrhundert – Fahrer, Fahrerunterstützung und Bedienbarkeit, Braunschweig, 04.-05.11.2009, VDI-Berichte 2085. Düsseldorf: VDI-Verlag, S. 23-34.
4. Keil, M. & Spanner-Ulmer, B. 2009, Chemnitz Age Model – an interdisciplinary research basic approach to characterize age critical performance factors, 17th World Congress on Ergonomics – IEA 2009, 09.08.2009-14.08.2009, Peking/China.



5. Keil, M., Spanner-Ulmer, B. & Scherf, Chr. 2009, Änderungen der menschlichen Leistungsfaktoren im Alter - Entwicklung eines interdisziplinären Altersmodells. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg.), Arbeit, Beschäftigungsfähigkeit und Produktivität im 21. Jahrhundert. Dortmund: GfA Press, S. 145-148.
6. Rademacher, H., Sinn-Behrendt, A., Landau, K. & Bruder, R. 2009, Development of a tool for an integrative age-differentiated workload analysis, 17th World Congress on Ergonomics – IEA 2009, 09.08.2009-14.08.2009, Peking/China.
7. Spanner-Ulmer, B. & Keil, M. 2009, Konsequenzen des demographischen Wandels für zukünftige Produktions- und Technologieabläufe am Beispiel der Automobilindustrie, Zeitschrift Industrie Management, Technologiegetriebene Veränderungen der Arbeitswelt, 2/2009, 17-20.



## **Demografischer Wandel – Neues, innovatives, interaktives Lehrkonzept ,Master: Online Integrierte Gerontologie‘**

Claudia DAHME und Thomas MAIER

*Institut für Konstruktionstechnik und Technisches Design (IKTD),  
Forschungs- und Lehrgebiet Technisches Design,  
Universität Stuttgart, Pfaffenwaldring 9, D-70569 Stuttgart*

**Kurzfassung:** In diesem Beitrag soll ein aktuelles, interaktives Lehrkonzept am Beispiel des Online-Studiengangs Integrierte Gerontologie vorgestellt werden. Die Besonderheiten eines Online-Studiengangs sollen anhand des Moduls Technisches Design, welches sich neben seinen Grundlagen mit altersgerechter Produktgestaltung beschäftigt, exemplarisch vertieft werden sowie der stetige Austausch zwischen Forschung und Lehre verdeutlicht werden.

**Schlüsselwörter:** Online Lehrkonzept, seniorengerechte Produktgestaltung, demografischer Wandel, Integrierte Gerontologie.

### **1. Einleitung**

Die Bevölkerungsentwicklung der Industriestaaten hat in der Vergangenheit gezeigt, dass eine sinkende Fertilitätsrate, verbesserte Lebensbedingungen und eine damit verbundene erhöhte Lebenserwartung, sinkende Bevölkerungszahlen sowie eine Überalterung der Bevölkerung zur Folge haben. Bereits im Jahr 2030 wird sich die Bevölkerungszahl in Deutschland von heute ungefähr 81,6 Mio. auf 74,7 Mio. Menschen verringert haben. Das Durchschnittsalter eines Deutschen wird im Vergleich zu 2005 um 10 Jahre auf dann 51 Jahre ansteigen (Destatis 2006).

Die Folgen des demografischen Wandels stellen unsere Gesellschaft in weiten Bereichen vor große Herausforderungen. Sei es nun im sozialpolitischen Bereich, in der Medizin und Psychologie, der Architektur oder aber den Ingenieurwissenschaften. Alle Disziplinen sind an den Fragen des demografischen Wandels beteiligt und können auf ihre Art und Weise zu einem interdisziplinären Lösungsansatz beitragen.

Im sozialwissenschaftlichen Bereich muss sicherlich über eine Anpassung der Renten- und Gesundheitssysteme nachgedacht werden, die Medizin entwickelt immer neue Methoden zur Gesundheitsversorgung und Prävention. Gerade im präventiven Bereich liegt viel Potential zur Verbesserung der Lebensqualität. Des Weiteren versucht die Psychologie das Verhalten und Erleben älterer Menschen zu erklären, die Architektur schafft neue Lebensräume und die Ingenieurwissenschaften entwickeln neue, angepasste Produkte sowie optimierte Mensch-Produkt-Schnittstellen. Schon hier kann man den unerlässlichen Austausch zwischen den Disziplinen deutlich machen: Ein Ingenieur ist auf geriatrische Erkenntnisse angewiesen, um das Verhalten Älterer gegenüber der Technik nachvollziehen zu können. Nur so kann er die Bedürfnisse der Kunden in den Produktentstehungsprozess einfließen lassen. Ein Beispiel aus dem Alltag ist die Mensch-Produkt-Schnittstelle an Bank- und Fahrkartenautomaten. Eine logische oder intuitive Bedienung dieser ist oft nicht möglich – sei es auf Grund von unübersichtlichen Bedienabläufen oder aber weil technische Produkte gerade bei älteren Menschen psychologische Barrieren auslösen.

Um darauf angemessen eingehen zu können und die bereits erwähnten Herausforderungen erkennen und lösen zu können, wird es an der Universität Stuttgart ab dem Wintersemester 2010 einen neuen Master-Online-Studiengang geben, der sich intensiv und vor allem interdisziplinär mit der Altersforschung beschäftigen wird. Der Studiengang trägt den Titel ‚Integrierte Gerontologie‘ und hat das Ziel die Studierenden zu Experten einer alternden Gesellschaft weiterzubilden. Sie werden dadurch befähigt in ihren künftigen Tätigkeitsbereichen die Folgen des demographischen Wandels zu erkennen und diese angemessen zu lösen. Durch die Interdisziplinarität ist ein weiterer Blickwinkel gewährleistet und den Studierenden sind viele Einsatzgebiete möglich. Weiterhin sind sie in der Lage mit Experten der einzelnen Fachrichtungen zu kommunizieren sowie diese zu koordinieren (Master-Gerontologie 2010).

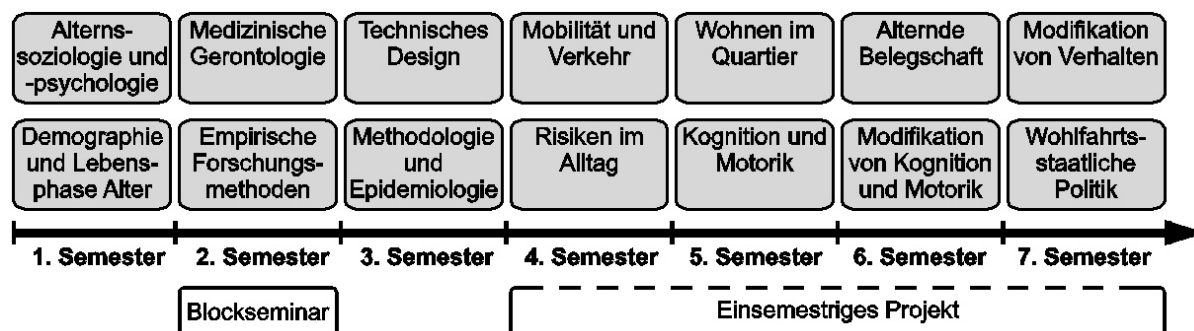
Ziel des Studiengangs ist die Bewältigung der Herausforderungen des demographischen Wandels, einerseits durch eine gezielte Ausbildung der Studierenden, andererseits über die Zusammenarbeit der unterschiedlichen Fachdisziplinen unter Einbezug älterer Menschen. Im Folgenden soll ein Einblick in den Planungsstatus des Studiengangs gegeben werden, der bereits im Sommersemester 2010 seinen Probetrieb aufnimmt.

## **2. Das Gesamtkonzept des Studiengangs**

Der Master-Online-Studiengang zeichnet sich nicht nur durch sein interdisziplinäres Konzept in einem topaktuellen Themengebiet aus, sondern auch durch sein innovatives Lehrkonzept. Die Studierenden werden an Onlinekursen teilnehmen, die auf der Lernplattform Ilias bereitgestellt werden. Das hat den Vorteil einer individuellen Zeiteinteilung und damit der Möglichkeit eines berufsbegleitenden Studiums, stellt aber auch hohe Ansprüche an die Lehrbeauftragten. Denn hier bedarf es neuer, innovativer Konzepte, um auch in einer asynchronen Lehrsituation die Qualität des Studiengangs gewährleisten zu können.

Der neue Studiengang, der seine Studierenden für die anstehenden Aufgaben im Zusammenhang mit dem demographischen Wandel sensibilisieren sowie Lösungskonzepte anbieten möchte, endet nach einem 8-semesterigen Studium mit der Abgabe einer Masterarbeit. Der Verlauf der ersten sieben Semester mit seinen Modulen ist in Abbildung 1 zu sehen. Im achten Semester wird eine Masterarbeit geschrieben.

Der Studiengang ist als berufsbegleitend konzipiert und richtet sich an Hochschulabsolventen die über mindestens zwei Jahre Berufserfahrung verfügen. Je nach individuellem Wissensstand können einzelne Module anerkannt werden, sodass sich die Studiendauer dementsprechend verkürzt. Um eine Studierbarkeit neben dem Beruf gewährleisten zu können, werden über die ersten sieben Semester jeweils zwei Module gehört und geprüft. Parallel dazu muss ein einsemestriges Projekt bearbeitet werden. Eine Besonderheit stellt das Blockseminar ‚Führen, Motivieren und Wandel begleiten‘ dar, welches als mehrtägige Präsenzveranstaltung geplant ist. Alle anderen Module haben zu Beginn oder Ende eine halbtägige Präsenzphase. Charakteristisch für den Studienbeginn des Online-Studiengangs ist eine Kick-Off-Veranstaltung zum gegenseitigen Kennenlernen, während die jeweils 20-wöchigen Semester weitgehend selbstständig durch die Studierenden bearbeitet werden. Die entsprechenden Unterlagen werden Online zur Verfügung gestellt, wo auch Abgabetermine, Studentenforen, Diskussionsrunden, Literaturlisten, Vertiefungsmaterial, Übungslösungen, etc. zu finden sein werden. Die Module können nach individueller Zeiteinteilung bearbeitet werden.



**Abbildung 1:** Verlauf des Online-Studiengangs Integrierte Gerontologie (Stand: Januar 2010)

Um den Studierenden dennoch eine Struktur als Orientierung vorzugeben, wurden die Lehrinhalte in dreiwöchige Blöcke und einwöchige Intensivphasen unterteilt (Bett & Rinn 2006). In dieser Zeit werden zusammenhängende Themengebiete bearbeitet und mit Tests, Essays oder Übungen abgeschlossen. Diese können als prüfungsrelevante Vorleistungen gelten.

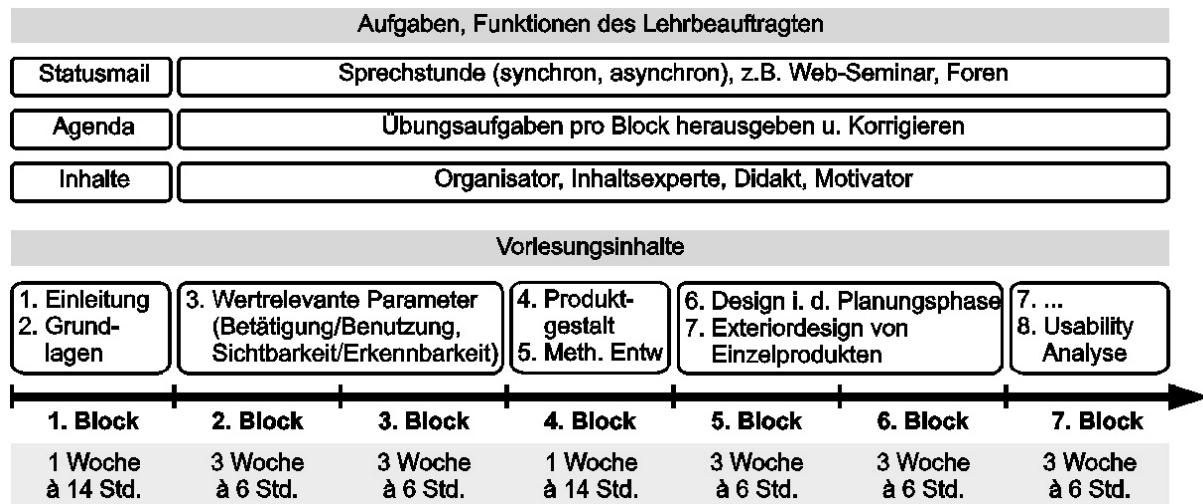
### 3. Das Modul Technisches Design

Das Modul Technisches Design beschäftigt sich mit der Darlegung des Designs als Teilnutzwert eines technischen Produkts und mit der ausführlichen Behandlung der wertrelevanten Parameter an spezifischen Beispielen mit dem Ziel der integrierten Produktentwicklung, die nicht stigmatisiert, sondern Altern und Alter unterstützt. Dabei wird das Technische Design als Bestandteil der methodischen Produktentwicklung verstanden. Die spezifischen Designkriterien, hinsichtlich der Betätigung und Benutzbarkeit, sowie Sichtbarkeit und Erkennbarkeit, werden in der Gestaltkonzeption von Einzelprodukten auf die Funktions-, Tragwerks- und Interfacegestaltung angewandt. Diese werden an Einzelprodukten mit Hilfe von Aufbau, Form- und Farbgebung sowie Grafik umgesetzt.

Neben den wesentlichen Grundlagen des Technischen Designs, wichtigen Gestaltungsmethoden und Schnittstellenwissen zwischen Designer und Ingenieur, erlangen die Studierenden wichtiges Wissen zur altersgerechten Produktgestaltung, das vom Wissen über körperliche Einschränkung bis zu Möglichkeiten der positiven Umsetzung in die Produktgestalt reichen. Mit der Usability-Analyse lernen sie ein hilfreiches Werkzeug zur Beurteilung und Verbesserung von Produkten kennen.

In Abbildung 2 ist der Semesterverlauf des Moduls dargestellt, wobei auf die Zeiteinteilung, die Vorlesungsinhalte sowie die Aufgaben und Funktionen des Lehrbeauftragten eingegangen wird. Hervorzuheben ist in diesem Zusammenhang auch die Schwierigkeit mit der neuen Lehrsituation im Online-Studiengang umzugehen. Im Gegensatz zu synchronen Lehrsituationen besteht hier die Dringlichkeit alle Unterlagen selbsterklärend aufzuarbeiten. Das Technische Design kann auf eine langjährige Lehrtätigkeit (Maier & Schmid 2008) sowie 6-jährige Forschung im Bereich der altersgerechten Produktgestaltung zurückgreifen (Maier 2009). Die Hürde lag hier dementsprechend in einer themen- und situationsgerechten Aufarbeitung der Vorlesungsinhalte.

Da der Studiengang im Wintersemester 2010/2011 startet, kann hier noch nicht über praktische Erfahrungen mit den Studierenden berichtet werden.



**Abbildung 2:** Semesterverlauf des Moduls Technisches Design (Stand: Januar 2010)

#### 4. Ausblick

Aus Sicht des Technischen Designs ergeben sich neben der Sensibilisierung für die Bedürfnisse älterer Menschen sowie der Fähigkeit diese in der Produktgestaltung umsetzen zu können, unzählige neue Aufgaben. Das Technische Design versucht Antworten auf die Herausforderungen des demografischen Wandels bezüglich einer der Altersstruktur angemessenen Produktgestaltung zu finden. Daher wird unsere langjährige Forschung auf diesem Gebiet parallel zur Lehre fortgesetzt und ausgebaut. Gerade durch die kontinuierliche Weiterentwicklung des Instituts kann eine ständige Verbesserung und Aktualisierung des Moduls gewährleistet werden. So werden momentan seniorengerechte Bankautomaten sowie für Ältere adaptierbare Produkte entwickelt. Es werden zusätzlich kulturelle Altersbilder rund um den Globus und deren Auswirkungen auf technische Produkte untersucht. Auf längere Sicht soll ein Leitfaden zur altersgerechten Produktgestaltung realisiert werden.

#### 5. Literatur

1. Bett, K. & Rinn, U., 2006, E-Learning – viele Wege führen zum Lernerfolg. In: K. Rebel & W. Thorns (Hrsg.), E-Learning – Potenziale, Probleme, didaktische Gestaltung. Gelnhausen: EKD, S. 5–28.
2. Destatis 2006, Bevölkerung Deutschlands bis 2050, 11. koordinierte Bevölkerungsvorausberechnung. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.
3. Maier, T. 2009, Demographischer Wandel - Neue Herausforderungen für die Interaktion im Fahrzeugcockpit. In: Elektronik im Kraftfahrzeug - 14. Internationaler Kongress, VDI-Berichte 2075. Baden-Baden, S. 665-676.
4. Maier, T. & Schmid, M. 2008, IDeEnKompakt, Manuskript zu den Vorlesungen Technisches Design I/II und Technisches Design III/IV. Stuttgart: IKTD, Universität Stuttgart. Im Internet verfügbar unter: [www.iktd.uni-stuttgart.de/design/](http://www.iktd.uni-stuttgart.de/design/).
5. Master: Online Integrierte Gerontologie Website zum Studiengang. Im Internet verfügbar unter: [www.master-gerontologie.de](http://www.master-gerontologie.de), Stand: 11.01.2010.



## „Wird man im Alter fauler?“- Arbeitsbezogene Denk- und Verhaltensmuster in Abhängigkeit vom Alter

Rüdiger OKONEK und Petia GENKOVA

*Philosophische Fakultät/ Fach Psychologie, Universität Passau,  
Innstraße 33, D-94032 Passau*

**Kurzfassung:** In dem vorliegenden Beitrag wird versucht zu klären, inwiefern arbeitsrelevante Denkmuster („Bedeutung des Arbeitens“) eines Individuums durch das Alter beeinflusst werden. Die Konzeption des empirischen Teils dieser Arbeit basiert zu großen Teilen auf dem Modell und den Methoden des MOW International Research Team (1987). Aus den 8 Dimensionen des Modells wurden Profile anhand einer hierarchischen Clusteranalyse erstellt. Die gebildeten Profile sind: die Pragmatischen, die Anspruchsvollen, die Passiven und die Zielstrebigen. Die Ergebnisse zeigen, dass arbeitsrelevante Denkmuster nicht durch das Alter einer Person beeinflusst werden.

**Schlüsselwörter:** Diversity, Arbeitszufriedenheit, Altern, Leistungsmotivation.

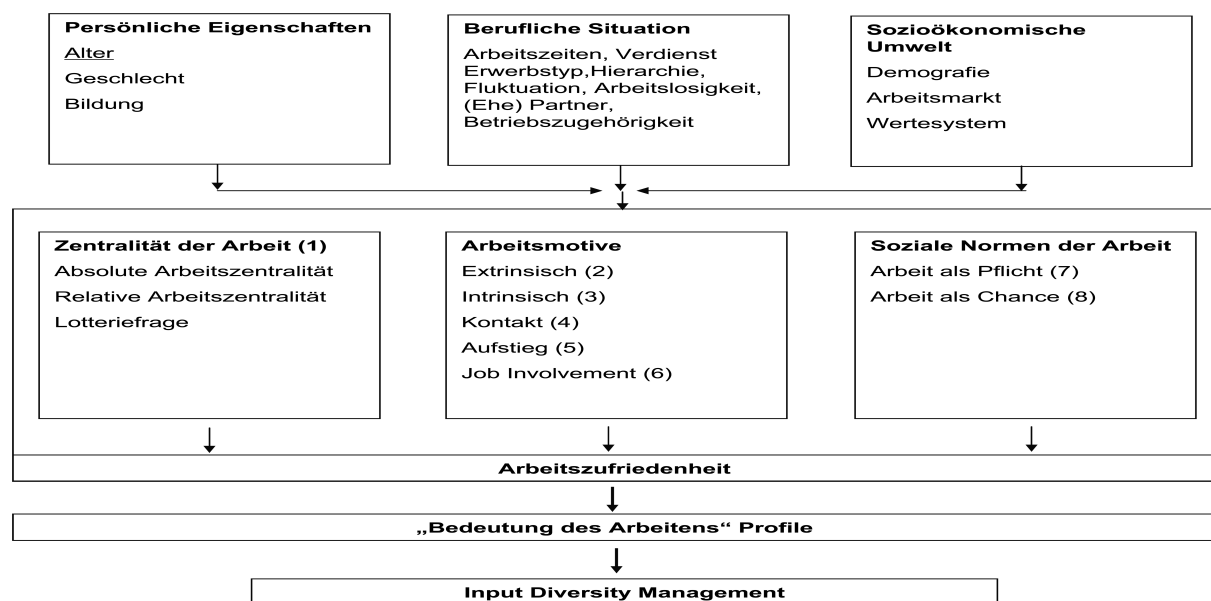
### 1. Einleitung

Standardanforderungen bei Stellenausschreibungen wie „kreativ“, „flexibel“ und „belastbar“ sind sicherlich keine überzogenen Ansprüche. Doch wenn die genannten Anforderungen eigentlich nur implizieren, dass der Bewerber jung sein muss, um eine Chance zu haben, liegt ein Fehler im System vor. Unternehmen unterstellen älteren Bewerbern häufig eine niedrigere Produktivität. Dabei werden die folgenden Vorbehalte geäußert: ältere Arbeitskräfte sind zu teuer; ältere Arbeitskräfte sind schlechter qualifiziert; ältere Arbeitskräfte sind weniger lernwillig; ältere Arbeitskräfte sind weniger belastbar bzw. leistungsfähig; ältere Arbeitskräfte sind öfter krank und ältere Arbeitskräfte sind weniger anpassungsfähig und weniger flexibel. In den nächsten Jahren werden bei gleichen Rahmenbedingungen die Beschäftigungsprobleme dieser Gruppe wieder verschärfen. Deswegen wird das Konzept des Diversity Managements immer wichtiger.

Die Bezeichnung Alter ist weniger eindeutig, als es auf den ersten Blick erscheint. Alter wird meist als chronologisches Alter erfasst. Tatsächlich können zwischen Personen gleichen Alters oft signifikante Unterschiede in psychologisch wichtigen Bereichen bestehen. Da universelle Altersdefinitionen nicht möglich sind, stellt sich die Frage, ab welchem Zeitpunkt ein Individuum als „älter“ bezeichnet werden kann. Das Altern ist ein höchst individueller und differentieller Prozess, der nach einer sehr differentiellen Forschung verlangt. Pauschale Aussagen über altersbezogene Merkmale sind daher sehr kritisch zu betrachten. Das Alter dient lediglich als ein Indikator für eine Vielzahl anderer Ereignisse, die psychologische Veränderungen oder Einstellungen beeinflussen können. Des Weiteren bemerken Martin & Kliegel (2005), dass das Lebensalter keine stabile Kategorisierung einer Person erlaubt.

## 2. Fragestellung, Methode und Stichprobenbeschreibung

In wie weit der Faktor Alter eine Bedeutung für die Arbeitsleistung und Arbeitseinstellungen hat, ist die Kernfrage dieser Untersuchung. Die Konzeption des empirischen Teils dieser Arbeit basiert zu großen Teilen auf dem Modell und den Methoden des MOW International Research Team (1987, s. Abbildung 1). Das heuristische Forschungsmodell des MOW Teams umfasst die folgenden Dimensionen: work centrality (Zentralität der Arbeit), social norms about working (soziale Normen über Arbeit) und Arbeitsmotive bzw. Arbeitswerte (work goals). Es wurden der „The meaning of working survey“-Fragebogen des MOW International Research Teams (1987) sowie dessen Weiterentwicklung von Ruiz-Quintanilla & Claes (2000) benutzt. Unabhängig vom Alter wurden weitere Variablen erhoben (soziodemographische Daten, berufliche Situation und sozioökonomische Umwelt; siehe Abbildung 1).



**Abbildung 1:** Heuristisches Modell der Bedeutung der Arbeit erweitert um AZ (in Anlehnung an Ruiz-Quintanilla & Claes (2000, S.339))

Daraufhin wurden folgende Hypothesen abgeleitet: Die auf die Bedeutung des Arbeitens bezogenen Gruppenprofile (Ausprägung von arbeitsrelevanten Denkmustern und Einstellungen) unterscheiden sich nicht nach Alter, sondern nach anderen demographisch relevanten Merkmalen wie Erwerbstyp, Betriebszugehörigkeit und Verdiensten (Hypothese 1). Die arbeitsrelevanten Denkmuster und Einstellungen („Bedeutung des Arbeitens“) werden durch die Ausbildungsstufe, den Erwerbstyp und das Geschlecht vorausgesagt. Das Alter dient hierbei nicht als Prädiktor (Hypothese 2). Die Zufallsstichprobe besteht aus 126 berufstätigen Personen. Von den Befragten waren 42.1% weiblich und 57.9% männlich. Die Stichprobe wurde in vier Altersgruppen aufgeteilt: 21-30 Jahre 21.4%; 30-40 Jahre 22.2%; 40-50 Jahre 29.4% und 50-65 Jahre 27.0%.

## 3. Ergebnisse und Diskussion

Für die Überprüfung der Hypothesen wurden Varianz- und Regressionsanalysen

durchgeführt. Dabei ergaben sich für Hypothese 1 bei keiner der acht aufgestellten Modelldimensionen altersinduzierte signifikante Unterschiede oder Abhängigkeiten. Weitere Erkenntnisse lieferte die Auswertung der Gruppenprofile nach Altersunterschieden. Aus den 8 Dimensionen des Modells wurden zudem Profile erstellt. Ähnliches Antwortverhalten über alle Konstrukte hinweg führt dabei zur Zuordnung zu einem Profil. Diese Profile wurden mit der hierarchischen Clusteranalyse berechnet. Durch eine nachgelagerte Diskriminanzanalyse wurde die optimale Clusterzahl „vier“ festgelegt. Cluster I: Die Pragmatischen: Die Gruppe der „pragmatischen“ Erwerbspersonen umfasst 36.7% der Probanden. Für diese Gruppe ist die Bezahlung (Extrinsisch) als resultierende Größe der Arbeit sehr wichtig. Außerdem ist diese Personengruppe stark sensibilisiert für ihre Rechte im Berufsleben (Chance) und verfügt daher über eine ausgeprägte Anspruchshaltung. Ferner spielt der Kontakt mit anderen am Arbeitsplatz für diese Personengruppe eine wesentliche Rolle. Demgegenüber steht eine geringe Wertschätzung von inhaltlichen Faktoren bei der Arbeit (Intrinsisch). Cluster II: Die Anspruchsvollen: Der Anteil der „anspruchsvollen“ Erwerbspersonen beträgt 39.2% der Befragten. Zugehörige dieser Gruppe messen der Arbeit in ihrem Leben eine hohe Zentralität bei (Zentral). Zudem sind inhaltliche Aspekte der Arbeit für diese Personengruppe von großer Bedeutung (Intrinsisch). Im Gegensatz dazu hat die Bezahlung (Extrinsisch) einen geringen Stellenwert. Cluster III: Die Passiven: Die Gruppe der „passiven“ Erwerbspersonen stellt mit 8.3% den kleinsten Anteil dar. Personen dieser Gruppe haben für keine Dimension eine hohe Ausprägung. Charakteristisch für diese Gruppe ist eine geringe Orientierung in fast allen Dimensionen. Eine geringe Orientierung besteht bei Chance, Kontakt, Pflicht, Aufstieg und Zentral. Eine extrem niedrige Orientierung zeigt sich zudem bei Jobinvolvement. Cluster IV: Die Zielstrebigen: Der Anteil des Personenkreises der „zielstrebigen“ Erwerbspersonen der Befragung beträgt 15.8%. Personen dieser Gruppe legen großen Wert auf die Bezahlung (Extrinsisch). Ebenso verfügt diese Gruppe über eine hohe Karriereorientierung (Aufstieg). Das Einfordern von Rechten und Ansprüchen am Arbeitsplatz hingegen spielt für diese Personengruppe eine untergeordnete Rolle (Chance). Die Personen in den vier gebildeten Profilgruppen unterscheiden sich nicht signifikant hinsichtlich des Alters. Somit ist das Alter wiederum kein Indikator für die Zuordnung zu einem bestimmten Profil. Das Alter ist in beiden Fällen keine Variable, die Unterschiede oder Abhängigkeiten in einer Einstellung zu der Arbeit hervorrufen. Folglich ist es falsch anzunehmen, dass arbeitsrelevante Denkmuster nur eine Funktion des Alters sind. Insofern trifft Hypothese 1 für die betrachteten Dimensionen zu (siehe Tabelle 1). Hinsichtlich des Ausbildungsniveaus geht ein Mittelwertanstieg mit einem Bildungsanstieg einher. Die Varianzanalyse zeigt einen signifikanten Unterschied, mit  $F(3;118) = 5.638$ ;  $p < 0.01$ . Post Hoc Tests zeigen eine signifikant höheres Bildungsniveau bei den Anspruchsvollen im Vergleich zu den Pragmatischen ( $p < .01$ ). Außerdem haben die Zielstrebigen einen signifikant höheren Bildungsstand als die Pragmatischen. Die Pragmatischen arbeiten im Durchschnitt 6,1 Stunden weniger als die Anspruchsvollen. Am Wenigsten arbeitet die Gruppe der Passiven, die auf eine mittlere Wochenarbeitszeit von 32,8 Stunden kommt. Am Meisten arbeiten die Zielstrebigen mit einer mittleren Wochenarbeitszeit von 45,6 Stunden. Der globale Varianztest zeigt folgendes Ergebnis: Es ergibt sich ein signifikanter Unterschied, mit  $F(3;118) = 4.378$ ;  $p < .01$ . Die Mittelwerte im Bereich der Hierarchie steigen von Profil 1 bis Profil 4 kontinuierlich an. Die Varianzanalyse zeigt einen signifikanten Unterschied, mit  $F(3;115) = 3.365$ ;  $p < .05$ . Die Zielstrebigen befinden sich in einer signifikant höheren Hierarchiestufe als die Pragmatischen. Alle anderen Gruppen unterscheiden sich nicht signifikant voneinander hin-

sichtlich der Hierarchiestufe (Post hoc Tests). In Bezug auf die restlichen demographischen Variablen bestehen keine signifikanten Unterschiede zwischen den einzelnen Clustern.

**Tabelle 1:** Mittelwerte und Signifikanz der Gruppenprofile

	<b>PRAG</b>	<b>ANSP</b>	<b>PASSIV</b>	<b>ZIEL</b>	<b>Signifikanz</b>
<b>Alter</b>	45.0	40.94	41.50	39.68	ns.
<b>Ausbildungsniveau</b>	3.75	4.98	5.30	5.26	p < 0.01
<b>Geschlecht (Frauen) in %</b>	50.0	46.80	30.00	26.31	n.s.
<b>(Ehe) Partner (ja)</b>	70.5	80.4	70.00	73.70	n.s.
<b>Wochenarbeitszeit</b>	37.82	43.91	32.80	45.63	p < 0.01
<b>Hierarchie</b>	1.40	1.98	2.10	2.28	p < 0.05
<b>Arbeitslosigkeit(nein)</b>	88.63	87.23	80.00	88.88	n.s.
<b>Betriebszugehörigkeit</b>	12.02	10.74	10.00	11.47	n.s.
<b>Fluktuation</b>	8.93	9.47	8.01	10.09	n.s.

Bei der zweiten Hypothese zeigt sich folgender Sachverhalt. Wie bereits festgestellt, gibt es beim Alter keine signifikanten Unterschiede. Auch in Bezug auf die Modelldimensionen Zentralität der Arbeit, Aufstieg und Jobinvolment gibt es keine signifikanten Ergebnisse. Die extrinsische Orientierung wird von der Ausbildungsstufe vorausgesagt ( $\beta = -.223$ ,  $p = .031$ ;  $\Delta R^2 = .117$ ). Das Geschlecht ist der einzige Prädiktor für die Dimension Kontakt ( $\beta = .203$ ,  $p = .05$ ;  $\Delta R^2 = .145$ ). Allerdings wird die intrinsische Orientierung durch Ausbildung ( $\beta = .237$ ,  $p = .024$ ;  $\Delta R^2 = .090$ ) und durch Alter ( $\beta = -.185$ ,  $p = .05$ ) vorausgesagt. Die Hypothese 2 ist somit teilweise bestätigt.

Nach der Betrachtung aller Ergebnisse der Gruppenauswertung kann zusammenfassend Folgendes festgestellt werden: Für die Vorhersage zu welcher Profilgruppe eine Person zugeordnet werden kann, bietet das Alter keine Prädiktorqualitäten. Das Alter dient somit lediglich als ein Indikator für eine Vielzahl anderer Ereignisse, die psychologische Einstellungen beeinflussen können. Entscheidend dabei ist die Betonung auf einer Vielzahl von Ereignissen. Folglich ist es falsch anzunehmen, dass arbeitsrelevante Denkmuster nur eine Funktion des Alters sind. Übertragen auf das Diversity-Konzept bedeutet dies: Die Quintessenz der Gerontologie vom differentiellen Altern sollte immer als Grundprinzip und Basis für die Entwicklung von altersgerechten Diversity-Strategien berücksichtigt werden. Individuelle Lösungen sind einer pauschalen Förderung oder Behandlung von willkürlich gebildeten Altersgruppen vorzuziehen. Relativierend für die Bewertung der Ergebnisse muss aufgeführt werden, dass möglicherweise andere nicht erhobene Einstellungen doch altersinduzierte Unterschiede aufweisen. Zukünftige Arbeiten und die weiterführende Forschung sollten den Fokus insbesondere auf den Zusammenhang von Alter und arbeitsrelevanten Einstellungen wie Lernbereitschaft, Lernfähigkeit, Innovationsfähigkeit, Flexibilität und den Stellenwert von Erfahrungswissen und Persönlichkeit legen.

#### 4. Literatur

1. Martin, M. & Kliegel, M. 2005, Psychologische Grundlagen der Gerontologie – Grundriss Gerontologie. Stuttgart: Kohlhammer Urban.
2. MOW International Research Team 1987, The Meaning of Working. London: Academic Press.
3. Ruiz-Quintanilla, S. & Claes, R. 2000, MOW Research Programms. In: J. Katz (Hrsg.), Database for the study of entrepreneurship. New York: JAI/Elsevier Science Inc., S. 335-391.

## Einfluss der Alters auf die subjektive Einschätzung der Belastung bei Arbeiten mit Handgeräten

Stephan RIEDEL<sup>1</sup>, Hartmut MUTSCHLER<sup>1</sup>, Frank GILLMEISTER<sup>1</sup> und Jens KINNE<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *die ergonomie.experten, Montforter Str. 10, D-67824 Feilbingert*

<sup>2</sup> *Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA),  
Proschhübelstr. 8, D-01099 Dresden*

**Kurzfassung:** Die durchschnittliche Krankenstandsrate wie auch die Arbeitsunfähigkeitsfälle und -tage steigen mit zunehmendem Alter der Beschäftigten. Was die Sicherheit bei der Arbeit mit handgehaltenen oder handgeführten Arbeitsmitteln in Bezug auf das Alter des Bedieners angeht, so lässt die Unfallstatistik keine Rückschlüsse auf eine erhöhte Unfallhäufigkeit bei älteren Beschäftigten zu. Eine, im Rahmen dieser Arbeit durchgeführte Fragebogenaktion zeigt, dass den bedienerbedingten Belastungen tendenziell höhere Wertigkeiten zugesprochen werden als den Belastungen durch die Umwelt oder durch die Maschine. Überraschend ist auf jeden Fall, dass jüngere Personen die Belastungen höher als Ältere bewerten. Nur Klima sowie Bewegungs- und Sehfähigkeit werden von Älteren stärker beurteilt.

**Schlüsselwörter:** Alter, Handmaschinen, subjektive Einschätzung, Belastung.

### 1. Einleitung

Der demografische Wandel führt innerhalb des deutschen Arbeitsmarktes dazu, dass im Verlauf der nächsten Jahre verstärkt auf ältere Arbeitnehmer zurückgegriffen werden muss.

Wie bereits in vielen Untersuchungen aufgezeigt (z.B. Ahrend & Konietzko 1995) führen geriatrischen Prozesse in unterschiedlichem Maße zu Verlusten beim Sehvermögen, Hörvermögen, den physischen Kräften und den Fähigkeiten zur Informationsverarbeitung. Bei der Arbeit mit handgeführten Arbeitsmitteln sind die sensorischen und psychomotorischen Fähigkeiten sowie die körperliche Leistungsfähigkeit von großer Bedeutung. Eine altersbedingte Reduktion dieser Fähigkeiten könnte daher zu einer stärkeren Belastung führen und somit einen erhöhten Krankenstand oder eine höhere Unfallhäufigkeit zur Folge haben.

Während sich mit Zunahme der körperlichen Tätigkeit eine höhere Krankenstandsrate in Abhängigkeit des Alters statistisch bestimmen lässt (Wieland & Scherrer 2004), lässt sich dies nicht für die Unfallhäufigkeit ermitteln. Der altersabhängige Anteil der Erwerbstätigen, die mit Handmaschinen arbeiten, ist derzeit nicht bekannt.

Zur Beurteilung des altersabhängigen Krankheitszustands können nach Lehr 1991 amtliche Statistiken wie beispielsweise die von Krankenkassen registrierten Arbeitsunfähigkeits-Fälle und -Tage oder Statistiken zur Frühberentung sowie Fremdbeurteilung oder subjektive Selbstbeurteilung herangezogen werden.

Mittels einer Befragung von Bedienern von Handmaschinen wurde eine solche subjektive Selbstbeurteilung durchgeführt. Die Ergebnisse sollen dazu dienen, die subjektive Arbeitsbelastung von jungen und älteren Mitarbeitern einzuschätzen und



Hinweise über Defizite in der ergonomischen Gestaltung und Konstruktion von Handmaschine zu geben.

## 2. Methode

Der Fragebogen umfasste insgesamt 32 Fragen, je zur Hälfte aus Angaben zur Person bzw. zum Betrieb sowie zur Beanspruchung bei der Benutzung der am häufigsten benutzten Maschine.

Die Fragen zur Benutzung der Maschine beziehen sich auf die Belastungen, die von der Umgebung herrühren und solche die direkt von der Maschine ausgehen. Daneben werden noch die für die Tätigkeit benötigten Fähigkeiten des Bedieners abgefragt.

- Belastung durch die Umgebung
  - Beleuchtung
  - Klima
  - PSA
- Belastung durch die Maschine
  - Lärm
  - Vibration
  - Temperatur
  - Staub, Öl, Gas
- Benötigte Fähigkeiten des Bedieners
  - Hörfähigkeit
  - Sehfähigkeit
  - Kraft
  - Feinmotorik/Tastsinn
  - Bewegungsfähigkeit

Psychomotorik (erkennen, entscheiden, reagieren)

Für diese Fragen wurde eine Fünfer-Skala verwendet, von „nicht belastet“ bis „sehr stark belastet“, jeweils mit der Möglichkeit, eine zusätzliche Stellungnahme abzugeben.

Da die Maschinen oft mit unterschiedlichem Arbeitszweck, in unterschiedlichen Umgebungen, zu unterschiedlichen Jahres- oder Tageszeiten oder / und für unterschiedliche Arbeitsobjekte benutzt werden, wurden tendenziell die Situationen mit der größten Belastung für die jeweilige Einstufung ausgewählt.

### 2.1 Teilnehmer

An den Befragungen nahmen insgesamt 89 Personen teil, die hauptberuflich mit Handwerkzeugen arbeiten. Am häufigsten waren die Branchen Bau und Kraftfahrzeug vertreten (Tabelle 1). Ausgehend von Riedel et al. (im Druck) wurden drei Altersgruppen gebildet, bei denen auf eine Gleichverteilung der Personenzahl geachtet wurde. Es entstanden dadurch die Altersgruppen 22 bis 45 Jahre, 46 bis 52 Jahre und über 52 Jahre.

Da die Befragten meist mehrere handgeführte Maschinen benutzen, wurde die zu beurteilende Maschine mit dem Hinweis „typisch“ oder „am häufigsten benutzt“ ausgewählt. Die Fragen bezogen sich dann ausschließlich auf diese Maschine.

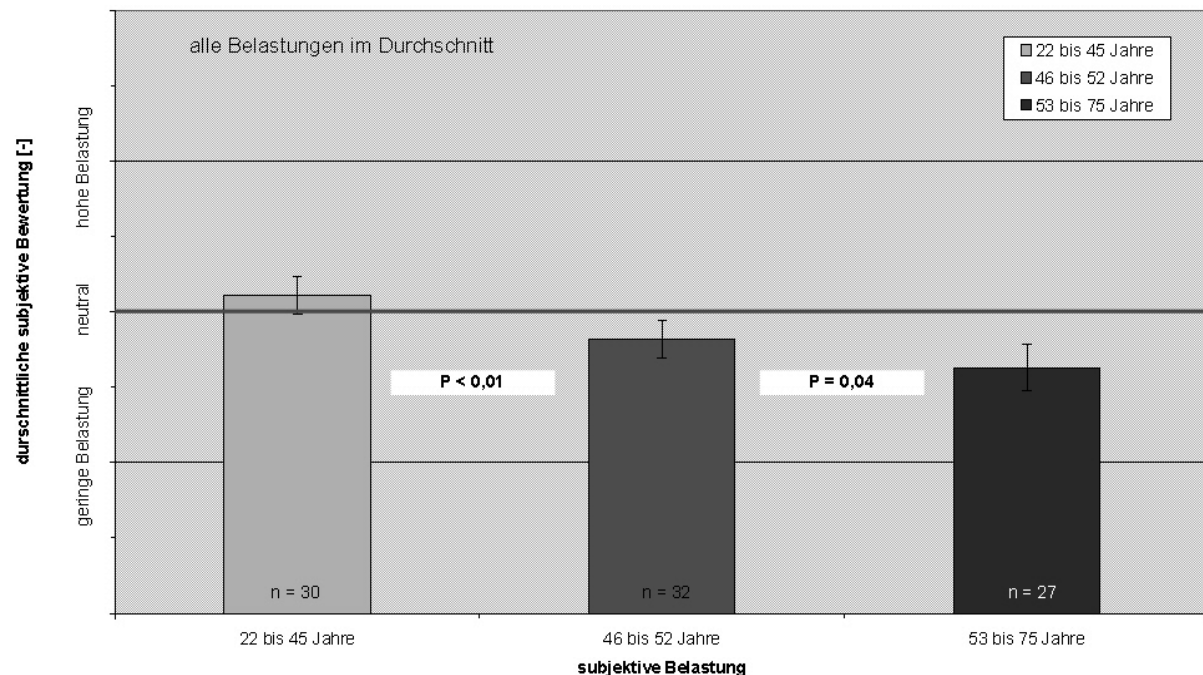


**Tabelle 1:** Berufsgruppen und Alter der Teilnehmer

Branchen	Zahl der Interviews			
Altersgruppe	22 - 45 Jahre	46 – 52 Jahre	53 – 75 Jahre	Summe
Durchschnittsalter	Ø 36,4 Jahre	Ø 48,7 Jahre	Ø 58,0 Jahre	Ø 47,3 Jahre
Bau	2	11	12	25
Gartenbau, Forst	4	3	1	8
Holz	5	3	3	11
Kfz	8	10	4	22
Metall	5	4	3	12
Nahrung, Raumpflege	6	1	4	11
<b>Gesamt</b>	<b>30</b>	<b>32</b>	<b>27</b>	<b>89</b>

### 3. Ergebnisse

Das Ergebnis zeigt überraschenderweise, dass mit zunehmendem Alter der Beschäftigten die durchschnittliche Belastung bei der Arbeit geringer empfunden wird (Abbildung 1).

**Abbildung 1:** Durchschnittliche subjektive Belastung bei der Arbeit mit Handgeräten in Abhängigkeit vom Alter der Bedienpersonen

Bei den 22 bis 45-jährigen werden die Belastungen durch die Umwelt und durch die Maschine deutlich stärker empfunden als bei den Bedienpersonen über 45 Jahre. Die 46 bis 52-jährigen schätzen die benötigten Fähigkeiten des Bedieners genauso hoch ein wie die jüngsten Teilnehmer. Die Gruppe der über 53-jährigen bewerten die benötigten Fähigkeiten wieder am Geringsten.

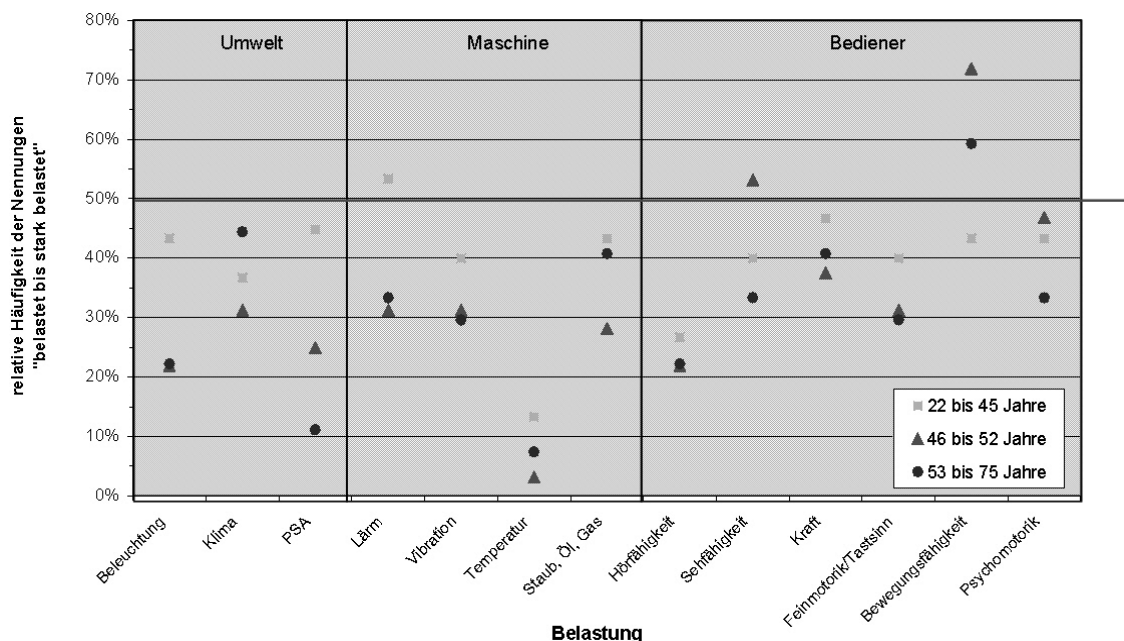
In Abbildung 2 ist die relative Häufigkeit der Nennungen „ich fühle mich belastet“ und „ich fühle mich sehr belastet“ für die einzelnen Kriterien dargestellt.

Für den Bereich Umwelt zählen für die jüngste Altersgruppe die Belastungen, die durch die Beleuchtung und das Tragen von persönlichen Schutzausrüstungen entstehen (43 – 45 %), stärker als für die älteren Teilnehmer. Diese Gruppe schätzt das

Klima als stärkste Belastung ein (44 %).

Bei Belastungen durch die Maschine liegen die Kriterien „Lärm“, „Vibration“ und „Staub, Öl, Gase“ weitgehend gleichauf (ca. 30 bis 40 % der Nennungen). Am wenigsten wurde von allen Altersgruppen das Kriterium „Temperatur der Maschine“ genannt (3 bis 13 %).

Insgesamt als stärkste Belastung werden bei den 22 bis 45-jährigen der Lärm, bei den über 46 bis 52-jährigen die Bewegungs- und die Sehfähigkeit, bei den über 52-jährigen die Bewegungsfähigkeit und das Klima genannt.



**Abbildung 2:** Relative Häufigkeit der Nennungen „ich fühle mich belastet“ und „ich fühle mich stark belastet“ in Abhängigkeit vom Alter

## 4. Diskussion

Es zeigt sich zwar überraschenderweise, dass mit zunehmendem Alter der Beschäftigten die durchschnittliche Belastung bei der Arbeit geringer empfunden wird, jedoch innerhalb der dritten Altersgruppe die Einschränkung der Bewegungsfähigkeit von Handmaschinen als subjektiv stark belastend eingestuft wird. Dieses Ergebnis gilt es zu bestätigen und zukünftig bei der ergonomischen Gestaltung von Arbeitsplätzen und Handmaschinen besonders zu berücksichtigen.

## 5. Literatur

1. Ahrend, K.D. & Konietzko, J. 1995, Der ältere Mensch am Arbeitsplatz. In: J. Konietzko & H. Dupuis (Hrsg.), Handbuch der Arbeitsmedizin - Arbeitsphysiologie, Arbeitspathologie, Prävention, Band 1, Landsberg: Ecomed-Verlag.
2. Lehr, U. 1991, Psychologie des Alterns. Heidelberg: UTB.
3. Riedel, S., Gillmeister, F. & Kinne, J. im Druck, Einflüsse altersabhängiger Veränderungen von Bedienpersonen auf die sichere Nutzung von Handmaschinen. Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin BAuA.
4. Wieland, R. & Scherrer, K. 2004, BARMER Gesundheitsreport 2004. Wuppertal: BARMER Ersatzkasse.

# **Nutzerspezifisches Design**



## Klassifikation von Schreibhaltungen: Unterstützung einer ergonomischen Stiftgestaltung für Kinder?

Marianela DIAZ MEYER<sup>1</sup>, Luciana SICA<sup>2</sup>, Andrea SINN-BEHRENDT<sup>2</sup> und  
Ralph BRUDER<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Ergonomia, Julius-Hölder-Str. 29a, D-70594 Stuttgart*

<sup>2</sup> *Institut für Arbeitswissenschaft, TU Darmstadt, Petersenstr. 30, D-64287 Darmstadt*

**Kurzfassung:** Werden bei der Entwicklung ergonomischer Schreibwerkzeuge auch frühe Phasen des Schreiben Lernens berücksichtigt, können Kindern damit die Werkzeuge angeboten werden, die sie brauchen, um diesen Prozess zu fördern. Hierzu fehlen jedoch einerseits gut untersuchte Kriterien für die Gestaltung von Schreibwerkzeugen sowie andererseits deren Spezifikation für die spezielle Zielgruppe der Kinder und Jugendlichen. Wesentlicher Inhalt dieser Studie ist das Definieren sowie systematische Klassifizieren von Schreibhaltungen anhand der zum Thema vorliegenden Literatur. Es wurden Kriterien identifiziert, die Einfluss auf Schreibhaltungen haben können, wobei Kinder und deren Entwicklungsprozess besonders berücksichtigt wurden. Stifthaltungen wurden verglichen, um Hinweise für die günstigsten Haltungen geben zu können.

**Schlüsselwörter:** Schreibhaltung, Schreibgeräte, ergonomisches Produktdesign, Kinder.

### 1. Einleitung

Ergonomisches Produktdesign im klassischen Sinne wurde u.a. für die Gestaltung handgeführter Werkzeuge häufig in Verbindung mit hohem Kraftaufwand verwendet. Inzwischen werden Erkenntnisse aus dem Bereich der Arbeitswissenschaft und der Ergonomie für die nutzerorientierte Produktgestaltung auch spezieller Nutzergruppen verwendet. Das gilt auch bei der ergonomischen Produktgestaltung für Kinder.

Kinder und Jugendliche verbringen abhängig vom Alter eine nicht unerhebliche Zeit mit Schreiben. Insbesondere der Inhalt eines Schultages junger Schulkinder besteht zunächst zu 30% bis 60% aus Schreiben lernen oder dem Erlernen anderer feinmotorischer Tätigkeiten (McHale & Cermak 1992). Die Stabilisierung des Schreibgerätes während des Schreibens erfolgt durch die Stifthaltung, also dem Griff, mit dem das Schreibwerkzeug gehalten wird. Durch eine ungünstige Schreibhaltung, die neben der Stifthaltung auch die Körperhaltung umfasst, können negative Effekte entstehen, wie muskuläre Verkrampfungen insbesondere im Hand-Finger-Bereich, verursacht z.B. durch zu hohen Schreibdruck oder Beschwerden im Schulter-Nacken-Bereich durch ungünstige Finger-, Hand- oder Körperhaltungen.

Werden bei der Entwicklung ergonomischer Schreibwerkzeuge auch frühe Phasen des Schreiben Lernens berücksichtigt, können Kindern damit die Werkzeuge angeboten werden, die sie brauchen, um den Prozess des Erlernens der Handschrift zu fördern. Während der Weiterentwicklung der feinmotorischen Kontrolle und der Haltungsstabilität vor allem im Finger-Hand-Bereich, die für das Führen eines Stifts wesentlich sind, sollen das Erlernen dieser Fähigkeiten unterstützt und die negativen

Effekte einer andauernden ungünstigen Schreibhaltung reduziert werden.

Nach Kao (1979) umfasst das "Schreibsystem" die Hand, das Schreibwerkzeug sowie die Schreibfläche. Der Fokus dieser Studie liegt auf dem Finger-Hand-Bereich und insbesondere auf den vorgefundenen Stifthaltungen. Es wird angenommen, dass die Greifhaltung beeinflusst wird durch die Gestaltung des Schreibgeräts sowie durch die Interaktion zwischen dem Schreibgerät und der Schreibunterlage. Für die weitere Entwicklung von Schreibwerkzeugen sind genauere Kenntnisse über geeignete oder günstige Schreibhaltungen erforderlich. Andere Einflussfaktoren wie menschliche Eigenschaften (z.B. Händigkeit), Fähigkeiten (z.B. Schreibgeschwindigkeit) und Fertigkeiten (z.B. Leserlichkeit) oder der Kontext bzw. die Situation, in der geschrieben wird, gilt es ebenfalls zu berücksichtigen.

Aktuell wird eine Vielzahl von Schreibgeräten in innovativen und so genannten ergonomischen Designs angeboten. Allerdings fehlen gut untersuchte und belegbare Kriterien für die Gestaltung von Schreibwerkzeugen sowie deren Spezifikation für die spezielle Zielgruppe der Kinder und Jugendlichen. Die Ergebnisse dieser Studie sollen dazu beitragen, die Griffzone von Schreibgeräten für Kinder so zu gestalten, dass sie auch unter Berücksichtigung der Empfehlungen von Lehrkräften, Therapeuten und Wissenschaftlern lernförderlich sind und eine günstige Stifthaltung unterstützen.

Im Einzelnen soll dadurch folgendes erreicht werden:

- Verbesserung des Schreibvorgangs/-ablaufs (z.B. Schreibleistung und -qualität)
- Vereinfachung und dadurch Reduzierung des Zeitaufwands, Kindern eine günstige Schreibhaltung bzw. Stifthaltung beizubringen
- Verringerung von Problemen bei längerem Schreiben
- Erhöhte Akzeptanz ergonomischer Schreibgeräte
- Anpassung des Schreibgerätes ans Kind, z.B. durch Berücksichtigung der unterschiedlichen kindlichen Entwicklungsstadien im Hinblick auf Körpergröße und kognitive Fähigkeiten

## 2. Methode
































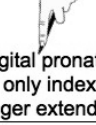

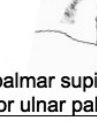
Wesentlicher Inhalt dieser Studie ist das Definieren sowie systematische Klassifizieren von Schreibhaltungen anhand der zum Thema vorliegenden Literatur. Faktoren, die die Schreibhaltung beeinflussen, werden identifiziert, wobei Kinder und deren Entwicklungsprozesse besonders berücksichtigt werden. Die bekannteste und am stärksten akzeptierte Schreibhaltung im Bezug auf die Finger-Hand-Haltung, der dynamische Drei-Finger-Griff, wurde mit anderen modifizierten oder weniger konventionellen verglichen, um Hinweise für die günstigsten Haltungen geben zu können.

## 3. Ergebnisse

34 verschiedene Stifthaltungen (vgl. Tabelle 1) wurden aus der Literatur identifiziert und eine Systematik anhand ihres Entwicklungsgrads erstellt, der als primitiv (eng. primitive), transitorisch (eng. transitional) oder vollentwickelt (eng. mature) eingestuft wurde (s. z.B. Carlson & Cunningham 1990; Blöte & Dijkstra 1989; Braswell & Rosengren 2007; Burt & Benbow 2007; Schneck 1991; Selin 2003; Rosenbloom & Horton 1971). Diese Entwicklungsstufen ergeben sich anhand der Weiterentwicklung der kindlichen Feinmotorik.



**Tabelle 1:** Systematische Klassifikation von Stifthaltungen nach der Entwicklungsphase

Stages of development	Mature grips		 dynamic quadrupod					
	tripod / tripod-like		 dynamic tripod (usual type)	 combined type (Selin 2003)	 modified tripod (Braswell 2007)			
	quadrupod / quadrupod-like		 static quadrupod	 lateral quadrupod	 quadrupod (broken type)			
	four-finger		 four finger	 four-Finger (broken type)				
	tripod / tripod-like		 lateral tripod (Schneck 1991)	 lateral pinch (Burt 2007)	 lateral tripod (Koziatek 2003)			
	tripod		 static tripod (Schneck 1991)	 static tripod (Blöte 1989)	 fixed tripod	 solidary tripod	 broken tripod	 dynamic tripod (broken type)
	other		 supinate	 with extended fingers	 index	 brush	 transpalmar interdigital brace	
	thumb		 cross thumb (Selin 2003)	 cross thumb (Schneck 1991)	 thumb wrap (Selin 2003)	 thumb wrap (Burt 2007)	 thumb tuck (Selin 2003)	 thumb tuck (Burt 2007)
	digital		 tong or ulnar digital	 digital or radial digital	 digital pronate, only index finger extended			
	palmar		 radial cross palmar	 palmar supinate or ulnar palmar				

Für die weitere Systematisierung der Stifthaltung wurden u.a. folgende Kriterien betrachtet (s. z.B. Braswell & Rosengren 2007; Blöte & Dijkstra 1989; Burt & Benbow 2007): Anzahl der Finger, die Kontakt zum Stift haben; welche Finger umfassen den Stift; Fingerteile (Fingerbeere, Fingerspitze, seitliche Fingeranteile, kein Kontakt) die

mit dem Stift in Verbindung stehen; Stellung von Daumen und Zeigefinger zueinander; Ausprägung der Beugung im distalen und proximalen Zeigefingergelenk; wie weit sind die Finger von der Stiftspitze entfernt, welche Fingerspitze befindet sich am weitesten vorne; Auflage des Stiftschafts (u.a. in der Falte zwischen Daumen und Zeigefinger, seitlich am Zeigefinger hochstehend). Neben der Haltung wurden auch die Bewegungen während des Schreibens berücksichtigt: Schwerpunkt der Bewegung (z.B. Schulter, Ellenbogen, Finger) sowie Ausmaß der koordinierten und intrinsischen Flexion/Extension in Handgelenk und Fingern.

Ziel muss es sein vollentwickelte Stifthaltungen zu erreichen, da die wesentliche Bewegung im Bereich der Finger und des Handgelenks im Sinne einer koordinierten Beugung und Streckung stattfindet, wodurch diese Stifthaltungen effizienter werden.

Nach Ziviani & Elkins (1986) können im Normalfall vollentwickelte Stifthaltungen im Alter von ca. sieben Jahre erreicht werden. Dennoch werden auch bei Erwachsenen nicht vollentwickelte Stift- bzw. Schreibhaltungen gefunden. Hier ist eine weiterführende Analyse der Häufigkeit und der Gründe dafür notwendig.

#### 4. Literatur

1. Blöte, A.W. & Dijkstra, J.F. 1989, Task effects on young children's performance in manipulating a pencil, *Human Movement Science*, 8, 515-528.
2. Braswell, G.S. & Rosengren K.S. 2007, Task constraints on preschool children's grip configurations during drawing, *Developmental Psychobiology*, 49, 216-225.
3. Burt, C. & Benbow, M. 2007, Children and handwriting ergonomics. In: R. Lueder & V.J.B. Rice (Ed.), *Ergonomics for children: Designing products and places for toddler to teens*. London: Taylor and Francis, S. 690-720.
4. Carlson, K. & Cunningham, J.L. 1990, Effect of pencil diameter on the graphomotor skill of pre-schoolers, *Early Childhood Research Quarterly*, 5, 279-293.
5. Kao, H.S.R. 1979, Conventional and cybernized writing instruments, IPSI Conference. Montenegro.
6. McHale, K. & Cermak, S.A. 1992, Fine motor activities in elementary school: preliminary findings and provisional implications for children with fine motor problems, *The American Journal of Occupational Therapy*, 46, 898-903.
7. Rosenbloom, L. & Horton, M.E. 1971, The maturation of fine prehension in young children, *Developmental Medicine & Child Neurology*, 13, 3-8.
8. Schneck, C.M. 1991, Comparison of pencil-grip patterns in first graders with good and poor writing skills, *The American Journal of Occupational Therapy*, 45, 701-706.
9. Selin, A.-S. 2003, Pencil grip: a descriptive model and four empirical studies, Doctoral thesis. Åbo, Finland: Åbo Akademi University Press, S. 140.
10. Ziviani, J. & Elkins, J. 1986, Effect of Pencil grip on handwriting speed and legibility, *Educational Review*, 38, 247-257.

# Just playing? Making the Children's World Accessible

Katrin MEINKEN und Harald WIDLROITHER

*Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO,  
Nobelstraße 12, D-70569 Stuttgart*

**Kurzfassung:** Kindgerechte Produktgestaltung zeigt sich als Herausforderung im heutigen Produktdesign. Um Produkte für Kinder gemäß ihrer Bedürfnisse und Anforderungen zu gestalten, ist es sinnvoll Kinder in den Gestaltungsprozess mit einzubeziehen. Anhand von drei Praxisbeispielen erfolgt ein Überblick über verschiedene kindgerechte Produkte und wie Kinder im Prozess der Produktgestaltung eine Rolle spielen können.

**Schlüsselwörter:** kindgerechte Produktgestaltung, kindgerechte Ergonomie, Ergonomie für Kinder.

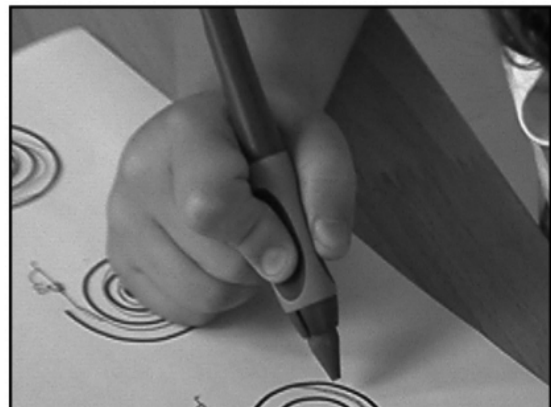
## 1. Einleitung

In wiefern unterscheidet sich die Gestaltung von Produkten für Kinder von der Produktgestaltung für erwachsene Nutzer? Als Erwachsener ist man oft nicht mehr in der Lage sich vorzustellen, wie Kinder ihre Welt heute erleben. Die Erinnerung an physische und kognitive Unterschiede in der Kindheit ist verblasst. Dennoch sind es die Erwachsenen die Produkte für Kinder gestalten. Damit zeigt sich die Gestaltung von Alltagsprodukten für Kinder auf spielerische, moderne und dennoch sichere Art als Herausforderung im heutigen Produktdesign. Anforderungen wie Nachhaltigkeit, Langlebigkeit sowie eine angemessene Formensprache und die Gebrauchstauglichkeit für Kinder und Familien müssen im Gestaltungsprozess berücksichtigt werden, um die Bedürfnisse der Kinder und die Ansprüche der Eltern zu befriedigen. Aus Sicht des Produktmarketings spielen Kinder zusätzlich eine besondere Rolle - die der zukünftigen Kunden. Dennoch müssen Kinder auch als unmittelbare Fokusgruppe anerkannt werden. Die genaue Produktvorstellung sowie das Wissen um Produkteigenschaften und der Einfluss, den Kinder auf die Kaufentscheidungen ihrer Eltern haben, dürfen nicht unterschätzt werden. Kinder bilden die Zielgruppe von morgen und haben damit mittel- und langfristig einen Einfluss auf den Imagetransfer eines Unternehmens. Fundierte Kenntnisse über den Entwicklungs- und Wachstumsprozess von Kindern und Teenagern stellen die Basis für sehr gute Designlösungen, die besonders für Kinder geeignet sind. Im Verlauf der Entwicklung vom Kind zum Erwachsenen verbessern sich die physischen wie auch die kognitiven Fähigkeiten kontinuierlich (Kail 1991; Miller & Vernon 1997; Thomas 1980). Gemäß Piaget haben Kinder nicht nur einen geringeren Schatz an Wissen und Erfahrung, sondern verstehen die Welt grundlegend anders als Erwachsene (Piaget 1970). Jüngere Untersuchungen zeigen, dass sich Kinder unterschiedlich entwickeln, die Entwicklung aber dennoch einer generellen Abfolge an definierten Entwicklungsstadien folgt (Schneider 1996). Am Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO ist die »kindgerechte Produktgestaltung« ein fachlicher Schwerpunkt der Forschungsaktivitäten. In verschiedenen Projekten wurden ergonomische Gestaltungsfaktoren zum Design von kindgerechten Produkten erhoben und in enger Zusammenarbeit mit Partnern aus der Industrie in marktreife Produkte umgesetzt. Wachstum und Reifung der Kinder stellen einen hohen Anspruch an kindgerechtes Design. Basierend auf

umfangreichen Erhebungen mit Eltern, Lehrern und Kinderärzten werden am Fraunhofer IAO fundierte Kenntnisse über die Anforderungen und Bedürfnisse von Kindern und damit über Gestaltungsparameter für kindgerechte Produkte zusammengestellt. Neben den funktionalen und ergonomischen Aspekten finden außerdem psychologische wie auch ästhetische Kriterien Berücksichtigung bei der Definition von ganzheitlichen Produktkonzepten für Kinder. Im Produktentwicklungsprozess erfolgen anhand unterschiedlicher Prototypen und Design- und Handhabungsmodelle fortlaufend Benutzungsanalysen und User Tests unter der Einbeziehung von Kindern der entsprechenden Alters- und Zielgruppen. Der direkte Kontakt zur Nutzergruppe der Kinder ermöglicht für die Gestalter einen Perspektivwechsel und eine Betrachtung des Produktes mit Kinderaugen. Je nach Alter und Entwicklungsstand der Kinder erfordern Benutzungsanalysen eine angepasste, kindgerechte Form. So haben Kinder eine geringere Aufmerksamkeitsspanne als Erwachsene, was in einer kürzeren Testdauer resultiert. Hilfreich ist außerdem, die Durchführung von Tests im spielerischen Umfeld (z.B. Nachstellen von Spielsituationen) und in vertrauter Umgebung wie z.B. im heimischen Kinderzimmer oder in Kindergarten oder Schule. Eine weitere bewährte Untersuchungsmethode ist die Tandembefragung, bei der Kinder und Eltern zusammen zum gleichen Produkt befragt werden. So können einfach und schnell die verschiedenen Sichtweisen miteinander verglichen werden. Die folgenden Praxisbeispiele geben einen Überblick über verschiedene kindgerechte Produkte und zeigen wie Kinder in den Prozess der Produktentwicklung mit einbezogen werden können.

## 2. Schreiblern-System für Vorschul- und Schulkinder

Zur Erleichterung des Schreiblernprozesses wurde ein mehrstufiges Schreiblern-System für Kinder ab 5 Jahren entwickelt und gestaltet. Ziel ist die schrittweise Entwicklung einer idealen Griffhaltung am Ende des Schreiblernprozesses.



**Abbildung 1:** Benutzungsanalyse mit Schulkindern mittels graphomotorischer Übungen

Durch die Unterstützung über den gesamten Schreiblernprozess wird so ein effizienteres und schnelleres Lernen wie auch ein besseres Schriftbild gefördert. Das Schreiblern-System umfasst vier verschiedene Stifte: Wachsschreiber, Bleistift, Tintenschreiber Füllhalter. Jeder Stift wird in einer anderen Stufe des Schreiblernprozesses eingesetzt. Das Schreiblern-System wurde mit den zukünftigen Nutzern getestet. Dazu wurden Benutzungsanalysen mit spielerischen Schreib- und graphomotorischen Aufgaben an Schulen durchgeführt (vgl. Abbildung 1). Zusätzlich wurden die Kinder während des Umgangs mit den Stiften befragt. Für die Kinder wurden so-

mit spannende neue Aufgaben im vertrauten Umfeld geschaffen. Dies bewirkte, dass sich die Kinder auf die neuen Schreibgeräte einließen und nach einer Phase des Ausprobierens schnell zu einer Aussage über die verschiedenen Schreibgeräte kamen. Durch relativ einfache Aufgaben, wie z.B. das Benennen eines Stift-Favoriten, konnten die bevorzugten Eigenschaften der Prototypen ermittelt werden. In iterativen User Tests wurde deutlich, dass die Kinder die Aufgaben und das Schreiben als Spaß empfanden und nicht als Arbeit. Somit wurden gute Aussagen erzielt, die als Ergebnisse direkt in den Entwicklungsprozess des Schreiblern-Systems einfließen. Die jeweiligen Änderungen wurden nochmals durch die Kinder beurteilt.



*Abbildung 2: Benutzungstest eines UI zur Duschsteuerung mit Kindern*

### 3. User Interface Design zur Duschsteuerung

Mit dem Ziel das tägliche Duscherlebnis zu steigern, entwickelte ein Hersteller für Sanitäranlagen einen intuitiv bedienbaren Touch Screen zur Steuerung von persönlichen Duschprogrammen. Damit die ganze Familie an diesem Duschvergnügen teilhaben kann, wurden Benutzungstests mit Nutzern aller Altersgruppen durchgeführt. Ziel war zum einen die Definition einer ergonomisch optimalen Position bzw. Höhe zur Installation des Touch Screens und zum anderen eine verständliche Menüstruktur und -führung für alle zukünftigen Nutzer. Durch die Einbeziehung von Nutzern aller Altersgruppen wurde sichergestellt, dass das User Interface für jedermann und ohne die Hilfe Dritter bedienbar und zugänglich ist (vgl. Abbildung 2). Aufgrund der Vorgabe von Einstellungen und Duschprogrammen konnten die Aufgaben in diesen Benutzungstests nicht für Kinder modifiziert werden. Dennoch wurde durch andere Formulierungen sowie durch Unterstützung des Versuchsleiters auf die Bedürfnisse von Kindern eingegangen. Es erfolgte zudem zusätzlich ein spielerisches Kennenlernen des Versuchsaufbaus und des Touch Screens. Durch Videoaufzeichnungen von einzelnen Bedienschritten konnte ermittelt werden, wo die speziellen Schwierigkeiten der Kinder im Umgang mit der neuartigen Duscharmatur lagen.

### 4. Mitwachsender Kinderwagen (Studie)

Ausgehend von einer umfangreichen Benutzeranalyse wurde ein mitwachsender



Kinderwagen für die Altersstufe von 0-3 Jahren entwickelt. Um den Wachstumsprozess optimal zu unterstützen, sollte die spontane Eigenaktivität des Kindes durch dynamisches Sitzen gefördert werden. Gleichzeitig musste dabei auch die nötige Unterstützung für das Kind in jeder Entwicklungsphase gewährleistet sein. Neben den Anforderungen der Kinder als primäre Zielgruppe fanden bei dieser Produktentwicklung auch die Wünsche der erwachsenen Benutzer Berücksichtigung. So kann der Kinderwagen aufgrund einer flexiblen Verstellbarkeit auf die individuellen Bedürfnisse des Kindes und der Eltern abgestimmt werden (vgl. Abbildung 3).



**Abbildung 3:** Mitwachsender Kinderwagen (Studie)

Aufgrund der Altersgruppe der Kinder konnten in diesem Projekt keine Nutzertests durchgeführt werden. Die Berücksichtigung der kindlichen Bedürfnisse erfolgte somit über Literaturlauswertung und anthropometrische Grundlagen. Darüber hinaus erfolgte die Einbeziehung und Befragung von Kinderärzten, Orthopäden und Eltern. Somit wurden die besonderen Anforderungen von Kindern berücksichtigt, obwohl Kinder aufgrund des geringen Alters nicht als Versuchspersonen hinzugezogen werden konnten.

## 5. Schlussfolgerung

Die Berücksichtigung der Anforderungen von Kindern in den verschiedenen Entwicklungsphasen der vorgestellten Produkte, half die Anpassung an diese speziellen Bedürfnisse und somit auch die Produktqualität zu steigern. Darüber hinaus bereitet die Arbeit mit Kindern nicht nur große Freude, sondern hilft Dinge aus einer anderen Perspektive zu betrachten als aus der rein technischen Sicht.

## 6. Literatur

1. Kail, R. 1991, Developmental Changes in speed of processing during childhood and adolescence, *Psychological Bulletin*, 109, 490-501.
2. Miller, L.T. & Vernon, P.A. 1997, Developmental Changes in speed of information processing in young children, *Developmental Psychology*, 33, 549-554.
3. Meinken, K., Rix, A., Widloither, H., Plihal, U. & Müllerleile, A. 2008, Ergonomic design of a Multi-level Writing System for School Children. In: W. Karwowski (Ed.), *International conference on applied human factors and ergonomics: AHFE International*; 14-17 July 2008, Las Vegas, USA.
4. Piaget, J. 1970, *Science of Education and the Psychology of the Child*. New York: Orion Press.
5. Schneider, K.G. 1996, Children and Information Visualization Technologies, *Interactions*, 3, 68-73.
6. Thomas, J.R. 1980, Acquisition of motor skills: Information processing differences between children and adults, *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 51, 158-173.



# Usability Engineering für die altersgerechte Gestaltung telemedizinischer Dienstleistungen

Alexander MERTENS<sup>1</sup>, Daniel DÜNNEBACKE<sup>2</sup>, Jan H. DORNBERG<sup>2</sup>,  
Nicole JOCHEMS<sup>1</sup> und Christopher M. SCHLICK<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Lehrstuhl und Institut für Arbeitswissenschaft der RWTH Aachen,  
Bergdriesch 27, D-52062 Aachen*

<sup>2</sup> *Forschungsinstitut für Rationalisierung e.V. an der RWTH Aachen,  
Pontdriesch 14/16, D-52062 Aachen*

**Kurzfassung:** Die Benutzung von IT-Systemen durch Menschen mit kognitiven oder motorischen Defiziten verläuft häufig unzufriedenstellend, da die spezifischen Anforderungen der Benutzer nicht adäquat unterstützt werden. Um diesem Problem zu begegnen, werden zwei Benutzungskonzepte in Form von Entwurfsmustern vorgestellt, mit deren Hilfe zielgruppenspezifische Assistenz während der Interaktion mit telemedizinischen Systemen realisiert werden kann.

**Schlüsselwörter:** Telemedizinische Systeme, kognitive Defizite, motorische Defizite.

## 1. Einleitung

Für Menschen mit altersbedingten Einschränkungen der Leistungsfähigkeit bieten elektronische Assistenzsysteme und telemedizinische Überwachung häufig die einzige Möglichkeit für ein eigenständiges und selbstbestimmtes Leben in den eigenen vier Wänden. Speziell für Menschen, die unter motorischen Störungen und kognitiven Einschränkungen leiden, und somit in vielen alltäglichen Dingen auf Unterstützung angewiesen sind, verläuft jedoch die Interaktion mit IT-Systemen und zugehöriger Benutzerschnittstelle häufig sehr unbefriedigend. Der Grund hierfür liegt in der mangelnden Kompensation spezifischer Defizite, die bei Verwendung von „Standardtechnologien“ nicht adäquat realisiert werden können. Neben den Einschränkungen bei kognitiven Prozessen (z.B. Kurzzeitgedächtnis) und bei sensumotorischen Vorgängen (Hand-Auge-Koordination) ist in vielen Fällen auch der Mangel an Erfahrung im Umgang mit digitalen Geräten Grund für die schlechte Benutzbarkeit. Speziell in Zeiten des Demographischen Wandels erhält diese Zielgruppe jedoch auch in wirtschaftlicher Hinsicht eine bedeutende Rolle. Da die altersbedingten Leistungsveränderungen immer häufiger nicht mehr selbstständig kompensiert werden können, nehmen die hiermit verbundene Gesundheits- und Pflegekosten immer weiter zu (Statistisches Bundesamt 2008). Am Beispiel der steigenden Auftrittswahrscheinlichkeit von Essentiellem Tremor von 0,4% im Bevölkerungsdurchschnitt auf 5,6% bei Personen über 65 Jahren (Deutschl & Reichmann 2006) wird der Bedarf an einem adäquaten Bedienkonzept für diese Zielgruppe, z.B. für den Einsatz in der (tele)medizinischen Versorgung, offenkundig. Die in diesem Beitrag vorgestellten Einsatzszenarien wurden im Rahmen des Forschungsprojektes MeDiNa konzipiert und evaluiert (Mertens et al. 2009). Ziel dieses Projektes ist es, die medizinisch relevanten Vitalparameter älterer kardiologischer Patienten in der häuslichen Nachsorge von diesen selbstständig erfassen zu lassen und allen medizinischen Akteuren innerhalb eines Portals „medienbruchfrei“ zur Verfügung zu stellen. Unter Einsatz mo-

derner mikrosystemtechnischer Sensorik ist es gelungen, eine kurzzyklische und kontinuierliche Überwachung sowie Anpassung des Rehabilitationsprozesses zu etablieren und eine Verfügbarkeit der Patientendaten über die jeweiligen Versorgungsphasen hinaus zu ermöglichen. Der Austausch mit den älteren Patienten und die jeweilige Messung geschehen hierbei ausschließlich mit Hilfe der sogenannten MeDiNa-Homebox, welche aus einem mobilen Touchscreen-PC mit UMTS-Datenverbindung besteht. Um den selbstständigen Umgang der älteren Menschen mit der MeDiNa-Homebox zu gewährleisten, wurden entsprechende Assistenzsysteme, visuelle Hilfen und Eingabetechniken konzipiert, die den Umgang auch für Menschen ohne IT-Erfahrung und trotz Behinderungen ermöglichen sollen. Speziell in Regionen mit schwacher Infrastruktur entstehen hierdurch neue Potentiale für ältere Menschen in ihren eigenen vier Wänden zu genesen, wodurch nicht nur die Lebensqualität gesteigert werden kann, sondern gleichzeitig auch die Versorgungskosten reduziert werden können.

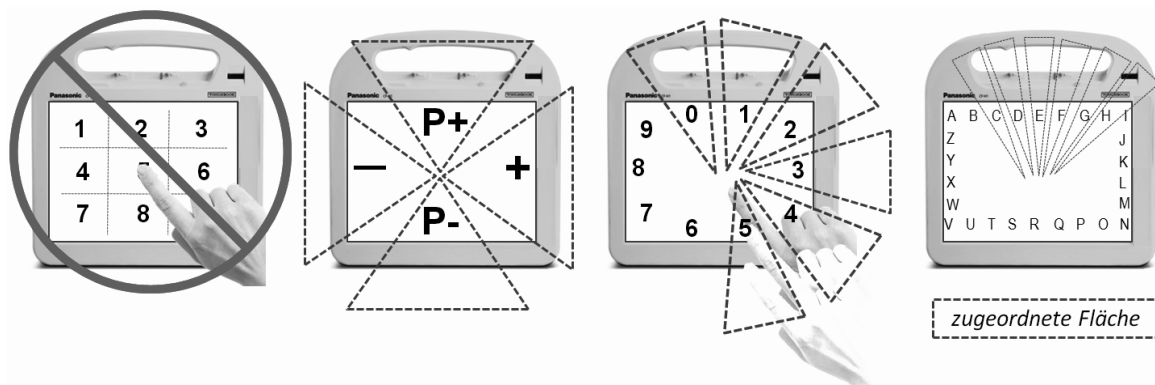
## **2. Formalisierung alternsgerechter Interaktionstechniken als Entwurfsmuster**

Die Beschreibung der Konzepte geschieht mit Hilfe eines neu entwickelten Entwurfsmuster-Templates (design pattern) für den eHealth Bereich (Mertens et al. 2010). Dieses enthält verschiedene (Struktur)Elemente, die sich aus den Anforderungen für den effektiven Einsatz in dieser Domäne ergeben. Auf eine Definition der semi-formalen Struktur sowie auf Anwendung der vollständigen Systematik wird an dieser Stelle verzichtet, da der Fokus auf der anwendungsorientierten Darstellung ergonomischer Konzepte liegen soll und nicht auf der Beschreibungssprache.

### **2.1 Wischtechnik**

Kontext: Für Menschen, die auf Grund von starkem Muskelzittern (Intentionstremor) bzw. Willkürbewegungen der Extremitäten unfähig sind, exakte Eingaben zu vollziehen, ist die Fehlerquote bei der Benutzung von technischen Systemen häufig sehr hoch. Hierdurch wird der selbstständige Umgang mit den Hilfsmitteln erschwert, da keine ausreichende Genauigkeit bei der Betätigung „normaler“ Benutzerschnittstellen erreicht wird. Zielgruppe: Dieses Entwurfsmuster ermöglicht Menschen, die Einschränkungen bzgl. koordinierter und exakter Bewegungen haben, die Informationseingabe unter Zuhilfenahme eines Touchscreens durchzuführen. Dieses Prinzip gilt unabhängig vom Alter. Basierend auf der Interaktionstechnik kann auf die Unterstützung von Pflegepersonal bei der Bedienung der Systeme verzichtet werden. Problem: Grundsätzlich kann das Problem der unzureichenden Genauigkeit bei einer zielgerichteten Bewegung des Benutzers dadurch kompensiert werden, dass die intendierte Eingabefläche entsprechend groß gestaltet wird, so dass die zu erwartende Abweichung ausgeglichen wird. Dieses Verfahren stößt bei starkem Tremor jedoch an seine Grenzen, wenn die zur Verfügung stehende Fläche nicht ausreicht, um alle Wahlalternativen auf dem Bildschirm zu platzieren. Hier besteht dann nur die Möglichkeit die Anzahl der Alternativen zu beschränken oder kleinere Zielflächen zu verwenden, wodurch jedoch die Fehlerwahrscheinlichkeit ansteigt. Lösung: Um der beschriebenen Zielgruppe den eigenständigen Umgang mit technischen Hilfsmitteln zu ermöglichen, wird die zur Verfügung stehende Benutzeroberfläche fiktiv vergrößert, um so eine ausreichend große Zielfläche für die Eingaben zu gewährleisten. Das dahinter stehende Prinzip basiert auf Fitts' Law, da die Tiefe der Kontrollelemente um

mehrere Größenordnungen vergrößert wird. Dies wird dadurch realisiert, dass die Eingabebewegung des Benutzers nicht durch die Bildschirmränder begrenzt wird, sondern Wischbewegungen über den Touchscreen hinaus vollzogen werden können. Das Tracking geschieht nur auf der Touchscreenoberfläche, jedoch können für fließende Bewegung zusätzliche relevante Parameter, u. a. Ausrichtung/Orientierung, Geschwindigkeit und Startpunkt, erfasst werden, wodurch der anvisierte Zielpunkt mit einer signifikant höheren Genauigkeit errechnet wird, als es bei traditioneller Punkteingabe der Fall ist. Eine zusätzliche Steigerung der Genauigkeit wird durch den durchgehenden Oberflächenkontakt des Fingers während der Wischbewegung ermöglicht, da der Gleitreibungswiderstand als Dämpfungsglied für den Tremor wirkt. Illustration: Einschränkungen: Ein Einsatznutzen für dieses Entwurfsmuster besteht nur bei Personen, die kognitiv zu Interaktionsprozessen in der Lage sind und ein Verständnis der verwendeten Symbole, Zahlen oder Buchstaben haben. Die Genauigkeit des Trackings ist abhängig vom der verwendeten Touchscreentechnologie/-oberfläche und dem Algorithmus zur Bestimmung des Zielpunktes.



**Abbildung 1:** Funktionsweise des Wischtechnik-Musters für unterschiedliche Symbolmengen

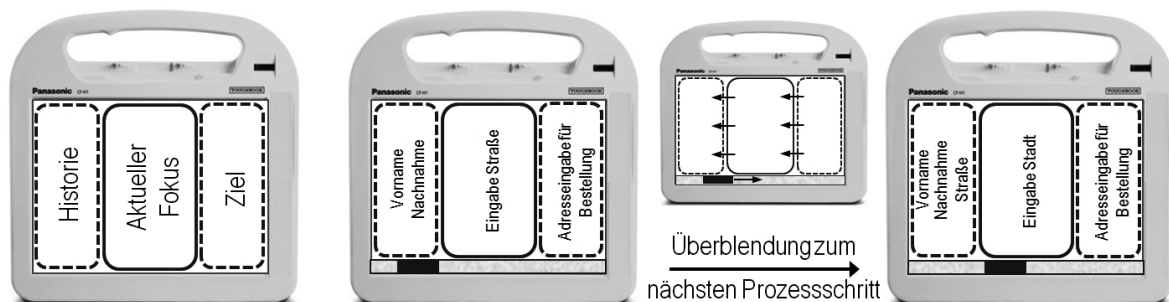
## 2.2 Drei Schritte

Kontext: Die sinnvolle Bedienung eines Systems verlangt grundsätzlich Kenntnis von drei Dingen (Klatowska 1985):

- Woher komme ich? (Historie)
- Wo bin ich? (Fokus der aktuellen Handlung)
- Wo möchte ich hin? (Ziel des Gesamtkonzepts)

Bei notwendigen Eingaben sollten jedoch ältere Benutzer nicht notwendigerweise hoch konzentriert sein müssen, um dem Interaktionsprozess folgen zu können. Zielgruppe: Dieses Entwurfsmuster ist für Benutzer anwendbar, die zu eigenständigen Entscheidungen fähig sind, deren Kurzzeitgedächtnis jedoch nicht den vollständigen Eingabeprozess reproduzieren kann. Problem: Aufgrund komplexer und inkonsistenter Abläufe in handelsüblichen Systemen ist die mentale Beanspruchung für den Benutzer gewöhnlich sehr hoch (Wandke 2005). Hier müssen dem Benutzer bei Entscheidungen die bereits abgeschlossenen Prozessschritte bewusst sein, um die aktuelle Situation korrekt zu beurteilen und den Zugang zu den angebotenen Diensten, Informationen und Gütern zu realisieren. Lösung: Durch die explizite Darstellung der im Kontext genannten Elemente kann der Zielgruppe ein Zugang auch für komplexere Systemfunktionen ermöglicht werden. Jeder Prozessschritt wird durch die Zustände der drei Abschnitte (Historie, Aktueller Fokus & Ziel) definiert, die im Gegensatz zu handelsüblichen Systemen über den gesamten Verlauf angezeigt werden. Hierbei

„fließen“ bei einem Zustandsübergang die neuen Informationen der Benutzereingabe (zentrales Blickfeld) in die Historie (Faktoren die zum gegenwärtigen Systemstatus geführt haben) und der neue Fokus ergibt sich aus den gewählten Optionen des Gesamtkonzepts (Reaktion nach Auswahl einer Option). Der Zustandsübergang findet als ein kontinuierlicher Vorgang statt, durch den der Benutzer den Informationsfluss nachvollziehen kann und somit das Gefühl der „Datenhoheit“ erhält. Die Visualisierung der Historie und des Ziels muss bei komplexen Prozessen zielgruppenspezifisch aufbereitet und gefiltert werden, so dass die Informationsdichte nicht zu einer mentalen Beanspruchung des Benutzers führt. Illustration: Einschränkungen: Der Einsatz ist nur bei stark strukturierten Prozessen möglich, bei denen eine Sequenzialisierung im Voraus definiert werden kann. Eine zielgruppengerechte Aufbereitung der Historie sowie des Ziels ist für unstrukturierte Prozesse mit heutigen Technologien/Protokollen kaum implementierbar.



**Abbildung 2:** Visualisierung eines exemplarischen Eingabeprozesses gemäß dem Drei Schritte-Muster

### 3. Fazit

Die präsentierten Konzepte ermöglichen motorisch und kognitiv eingeschränkten Nutzern den selbständigen Umgang mit IT-Systemen, beispielsweise in telemedizinischen Kontexten. Hierdurch können nicht nur neue Potentiale für eine kostengünstige Versorgung innerhalb des Gesundheitswesens geschaffen werden, sondern vor Allem die Lebensqualität der Zielgruppe gesteigert werden. Hierzu sind keine kostenintensiven Technologien nötig, da beide Lösungen sich in bestehende Systeme integrieren lassen und somit eine ökonomische Umsetzung möglich wird.

### 4. Literatur

1. Statistisches Bundesamt (Hrsg.) 2008, Demografischer Wandel in Deutschland - Heft 1, Bevölkerungs- und Haushaltsentwicklung im Bund und in den Ländern, Onlineveröffentlichung.
2. Deuschl, G. & Reichmann, H. 2006, Gerontoneurologie. Stuttgart: Thieme Verlag.
3. Mertens, A., Dünnebacke, D., Kausch, B., Laing, P. & Schlick, C.M. 2009, Innovation of homely rehab with help of telemedical services. In: O. Dössel & W. Schlegel (Hrsg.), IFMBE Proceedings of World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering. München: Springer.
4. Mertens, A., Dünnebacke, D., Jochems, N. & Schlick, C. 2010, Entwurfsmustersprache für altersgerechte Assistenzsysteme. In: A. Hartmann, R. Wichert & U. Gaden (Hrsg.), 3. Deutscher AAL-Kongress 2010. Berlin: VDE Verlag.
5. Ulatowska, H.K. 1985, Ageing Brain: Communication in the Elderly. London: Taylor & Francis.
6. Wandke H. 2005, Assistance in human-machine interaction: A conceptual Framework and a Proposal for a Taxonomy, Theoretical Issues in Ergonomics Science, 6, 129-155.

# New methodological approaches for the analysis of usability in daily living products for elderly people

Juanma BELDA, José LAPARRA, Raquel MARZO, Rakel POVEDA and Maria José SUCH

*Universidad Politécnica de Valencia,  
Instituto de Biomecánica de Valencia,  
Camino Vera s/n. Edificio 9C, 46022 Valencia, Spain*

**Abstract:** Usability analysis involves many concepts such as effectiveness, satisfaction, use context and easy of learning. This paper show a new approach to assess easy-of-use and learning process because of its importance on usability analysis with elderly people. This methodology is applied to two kinds of domotic systems: one with remote control and the other one with tactile screen. Results show that elder people need more time to finish tasks and they learn how to manage the devices more slowly. The execution time is reduced along repetitions (adaptation) and sessions (learning), however knowlege factor only shows this tendence for elderly people. Moreover, tactile screen got higher values of "knowlegde factor" and reduced spent time.

**Keywords:** usability, learning, elder people.

## 1. Introduction

Usability has become a common term among computer science and human factors practitioners. There are many studies in the literature regarding products usability analysis and it can be grossly classified among two types of approaches: user based and model based (Jacko & Sears 2003). User based approaches requires the existence of a product or a prototype and its assessment is made from two stand-points: subjective (questionnaires, thinking aloud, etc.) and objective (number of errors, number of actions to achieve a goal, eye tracking etc.).

Model based approaches can be applied without the existence of a prototype and it can be classified among cognitive modeling and heuristic methodologies (Jacko & Sears 2003).

Among the heuristic methodologies, Thimbleby et al. (2001) models learning as a stochastic Markov model that can move between a state of no-knowledge, modeled as a pure random Markov model among the possible states, and a state of perfect knowledge, in which the system knows the optimum strategy to achieve an objective (1,2). This states are mixed through a variable  $k$  representing the knowledge (1).

$$k \cdot D + (1-k) \cdot P \quad (1)$$

$$k \in [0,1] : \min\{[k \cdot D + (1-k) \cdot P] - T\} \quad (2)$$

This paper shows an analysis of easy-to-use for elderly people of two kinds of interface, remote control and tactile screen, for controlling a Domotic System (DS). Easy-to-use has been measured analyzing the learning process (i.e. the acquisition of knowledge) from the point of view of the dynamical approach. The acquisition of knowledge has been measured using a Markov stochastic model.



## 2. Material and Methods

For the analysis of the learning curve we modeled the interaction between the user and the interface as an stochastic Markov model: a probabilistic state machine.

The states have been defined from the user point of view, based on the objectives to achieve in each task, therefore both interfaces share the same number of states. The transitions between states are determined by the specific characteristics of each interface. All tasks are defined to achieve three objectives, so all tasks have eight possible states.

The learning process have been analyzed according to the model of Thimbleby et al. (2001) for each trial and user a state of knowledge  $k$  have been determined by least squares according to (1).

The users participating in the study were the following: thirteen elderly people (7 men and 6 women) between 55 and 77 years, and six adult people (3 man and 3 women) between 40 and 50 years, for allowing to compare results.

Each user should perform three tasks for each DS. The user had to complete the same experiment in four sessions and three times each session. The user's actions were recorded with cameras and with the direct observation of the user was possible to obtain: execution time, actions sequence and wrong steps.

To have a first contact with both DS an introduction about the experiment was given to each user. Before start each task, a sheet of paper with the actions to do was given to the user, and once the task was started, the user could not ask anything. The task was considered finalized when was completed, when was incomplete after three minutes or when the user wanted to stop voluntarily. Whether if the task was completed wrong or was not completed, the experimenter explain to the user how to achieve it.

The opinion of users was considered relevant so a questionnaire, with a five-point scale (very easy (1), easy (2), normal (3), hard (4) and very hard (5)), was used to get that information at the first and the last sessions.

Finally, data were analyzed with SPSS<sup>®</sup> and Matlab<sup>®</sup>. Matlab<sup>®</sup> was used to analyze matrices and to obtain " $k$ ", and SPSS<sup>®</sup> was used to apply an Analysis of Variance (ANOVA) with the aim to find the factors that better explain the learning process. The execution times and knowledge factor ' $k$ ' were considered as dependent factors, and interface, tasks, days, repetitions, gender and age as fixed factors.

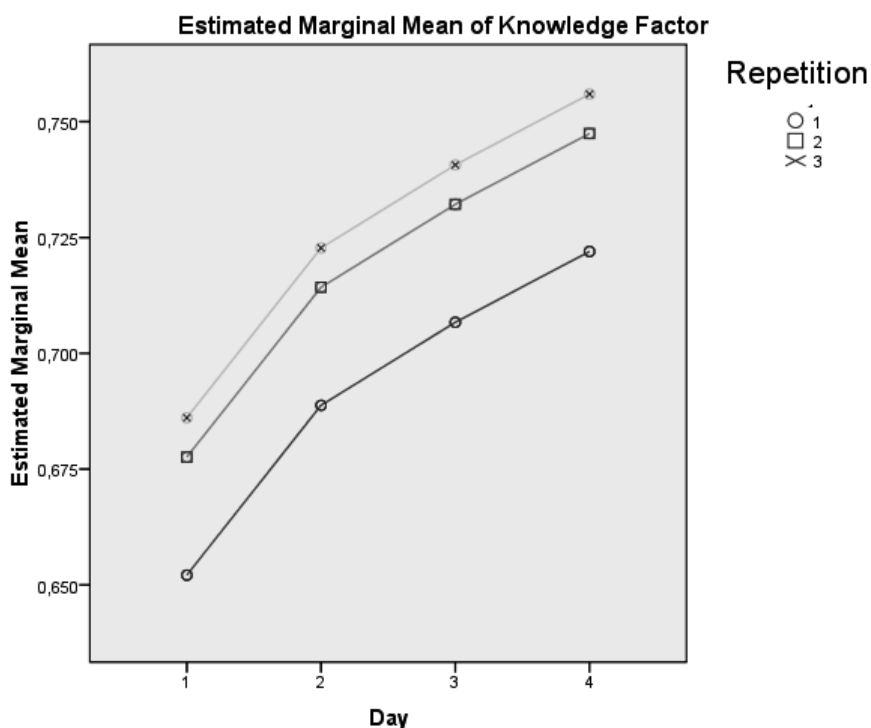
## 3. Results

In the knowledge factor analysis, significant differences ( $p < 0.05$ ) were found for interface, task, day, repetition, age and the interaction between age and gender, and age and day.

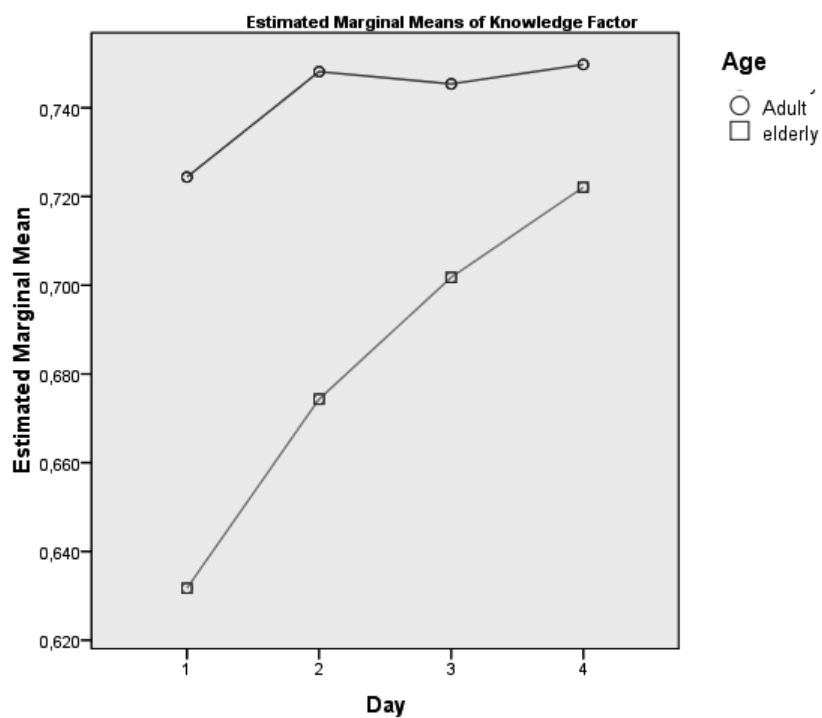
Significant differences were found between the first repetition and the other two ones with post-hoc tests (Bonferroni's method). Analogously, significant differences were found between the first session and the other three ones, and between the second and fourth session with post-hoc tests (see Figure 1). In addition, age-session interaction shows that " $k$ " increase along all session for elder people learn but only during the first session for adult people (see Figure 2).

Moreover, users achieve greater " $k$ " with tactile screen than remote control. The knowledge factor decrease with the age, however, there are not differences on gender for elder people, but inside adult people, men achieves greater " $k$ " than women.





**Figure 1:** Estimated Marginal Mean of Knowledge Factor depending on session and repetition



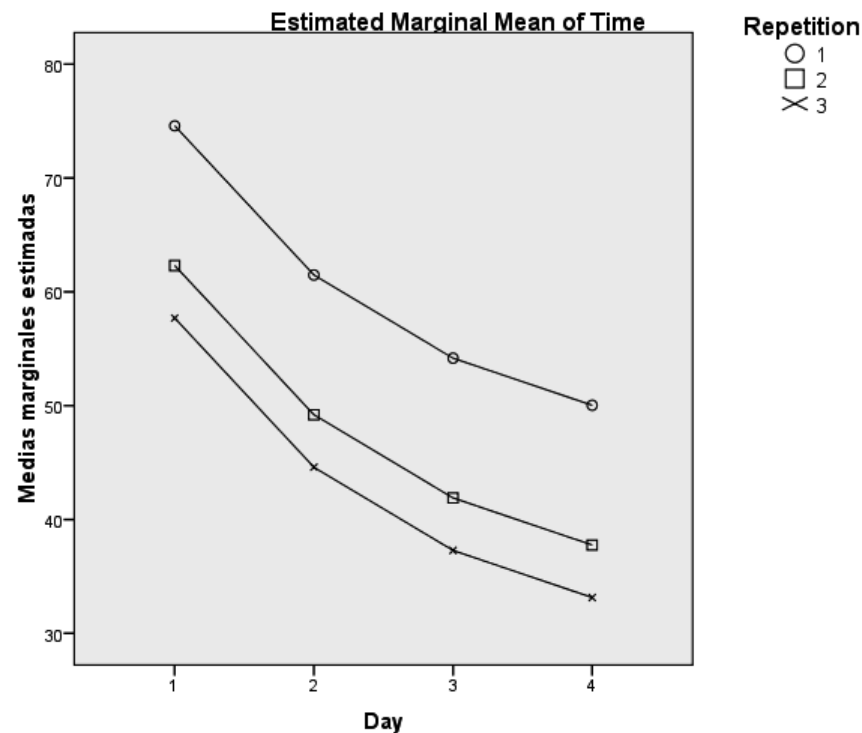
**Figure 2:** Estimated Marginal Mean of Knowledge Factor depending on age and session.

Analogously to knowledge factor, significant differences ( $p < 0.05$ ) were found for the same parameters in execution time analysis (see Table 1).

**Table 1:** Statistical results for *k* and time (significant differences shown in bold face)

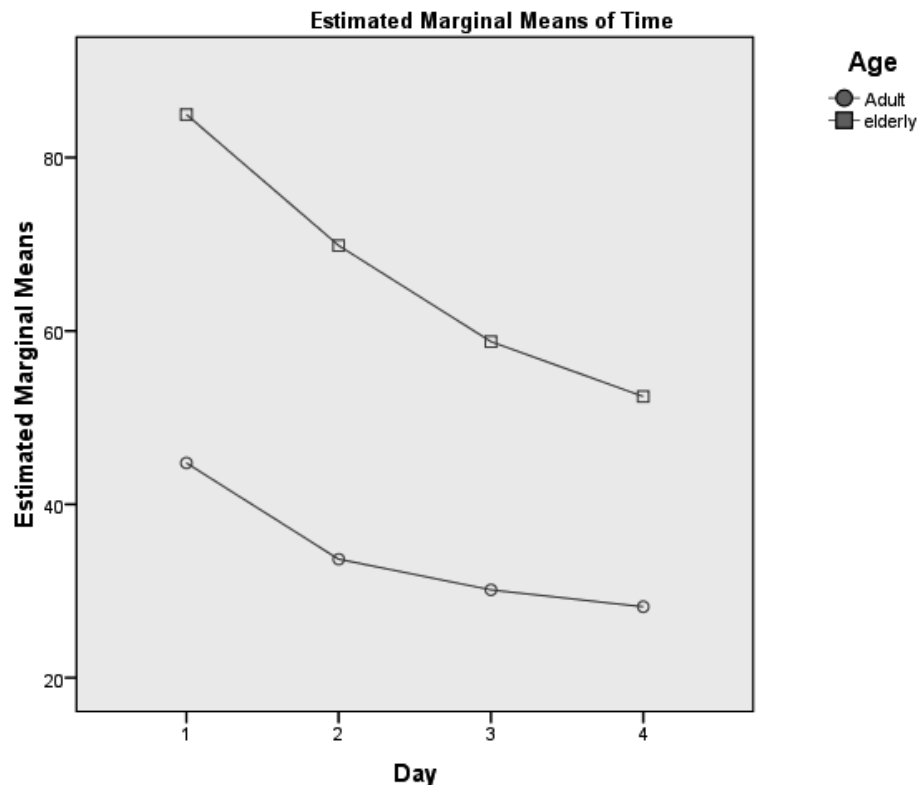
Source	p-Value (k)	p-Value (time)
Interface	<b>&lt;0.001</b>	<b>&lt;0.001</b>
Task	<b>&lt;0.001</b>	<b>&lt;0.001</b>
Day	<b>&lt;0.001</b>	<b>&lt;0.001</b>
Repetition	<b>&lt;0.001</b>	<b>&lt;0.001</b>
Gender	0.185	0.239
Age	<b>&lt;0.001</b>	<b>&lt;0.001</b>
Gender * Age	<b>0.011</b>	<b>0.004</b>
Repetition.*Age	0.220	0.257
Day *Age	<b>&lt;0.001</b>	<b>0.040</b>

Significant differences were found between the first repetition and the other two ones with post-hoc tests (Bonferroni's method). Regarding sessions, significant differences were found between the first session and the other three ones, and between the second and the other three ones with post-hoc tests (see Figure 3). In addition, age-session interaction shows that time decrease along all session for elder people, but mainly during the first session for adult people (see Figure 4).

**Figure 3:** Estimated Marginal Mean of Time depending on session and repetition

Moreover, users need less time with the tactile screen than with the remote control. The time increases with age, however, there are no differences on gender for adult people, but inside elder people, men need more time than women.

Finally, knowledge factor was inversely correlated with time ( $p < 0.01$ ) but its correlation coefficient is too low ( $< 0.5$ ).



**Figure 4:** Estimated Marginal Mean of Time depending on age and session

#### 4. Discussion and Conclusion

First of all, there are two learning processes: adaptation (between repetitions) and learning (between sessions), in which knowledge factor increases and time execution decreases. However, the execution task of the first repetition of a session is greater than the last repetition of the previous session (Newell & Rosenblom 1981).

In second place, learning process differs depending on age. Adult people learn to manage the interfaces at the first day, and elderly people have to learn how to manage the devices more slowly and have a gradual approach to the knowledge of adult group. In fact, elder people's knowledge tends to achieve adult people's knowledge along the sessions.

Results from execution time and knowledge factor are in the same way. However, execution time does not reflect the differences on learning process between elder and adult people but knowledge factor do it.

To conclude, it has been presented a new approach able to assess usability during user-product interaction and to determine user learning process. It should be highlighted that spent time and number of errors are not enough to assess usability, because a user can spend more time to perform a task but know how to use the device in the right way.

#### 5. References

1. Anderson, J.R. 1993, Rules of the mind. Hillsdale, NJ: Erlbaum.

2. Jacko, J.A. & Sears, A. 2003 (Eds.), *The Human-Computer Interaction Handbook: Fundamentals, Evolving Technologies and Emerging Applications*. New York, NJ: Taylor and Francis.
3. Laird, J., Newell, A. & Rosenbloom, P. 1987, Soar: An Architecture for General Intelligence, *Artificial Intelligence* 33, 1-64.
4. Lo, S. & Helander, M.G. 2004, Developing a formal usability analysis method for consumer products. In: *Proceedings of ICAD2004: The Third International Conference on Axiomatic Design* Seoul.
5. Naciones unidas 2002, *Informe de la Segunda Asamblea Mundial sobre el Envejecimiento*.
6. Newell, K.M., Liu, Y.T. & Mayer-Kress, G. 2001, Time Scales in Motor Learning, *Psychological review*, 108, 57-82.
7. Nielsen, J. & Mack, R.L. 1994. *Usability inspection methods*. New York, NJ: John Wiley and Sons.
8. Ramsay, J.O. & Silverman, B.W. 1997, *Applied Functional Data Analysis*. New York: Springer.
9. Thimbleby, H. 2004, User interface design with matrix algebra, *ACM transactions on Computer-human interaction*, 11, 181-236.
10. Thimbleby, H., Cairns, P. & Jones, M. 2001, Usability analysis with Markov models, *AMC Transactions on Computer-Human Interaction*, 8, 99-132.

# The use of colour in intercultural website design

Martin MAGUIRE

*Ergonomics and Safety Research Institute, Loughborough University  
Loughborough, Leicestershire, UK*

**Abstract:** This paper looks at the factors that influence a person's reaction to colour within a website. These may include a person's age, gender, personal taste, current trend, national and cultural background and application context. Cultural and national colour associations are discussed but choosing them should be tempered by the context of use of the website and the sensitivity of that context to colour. Simple guidelines are offered to assist in making colour choices for websites in an international or cultural setting.

**Keywords:** Website design, colour association, international, cultural.

## 1. Introduction

Colour is an important part of website design, and yet the colours that designers choose may have more of an effect than expected. Since the World Wide Web is accessible from all parts of the globe, a poor choice of colour may result in confusing meanings to some web users. If a website is to be designed for a specific audience in a specific part of the world, serious consideration should be given to what are appropriate and helpful colour schemes and what are not.

Within a cultural or national group, the emotional response to the colour is surprisingly common and while there are commonalities in the meanings of colours around the world, they may also differ significantly between cultures and nations.

There are several user characteristics that will determine a person's reaction to the colours within a website. Drawing upon Kyrnin (2010a), these may include a person's age, gender, personal taste, current trend, national and cultural background and application context.

## 2. Colour association factors

### 2.1 Age and Gender

While adults often prefer subdued or pastel colours (though not universally), young children tend to prefer brighter, more solid colours. In many cultures, it is said that women tend to prefer warmer colours (reds and oranges) while men tend to prefer cooler colours (blues and greens). In Western society there is a tradition of blue being associated with a boy and pink for a girl. This is most clearly manifested in the promotion of children's and baby clothes. While many people react against this traditional view, the convention still holds.

### 2.2 Personal taste

A person's general taste is an individual characteristic. Often a person will develop a liking for a particular colour from a young age which they will carry with them

through life. So, for example, a person may like the colour yellow but while they won't want every item they own to be yellow, they will tend to feel more positive towards items in that colour.

### *2.3 Fashion*

Use of colour is subject to changes in fashion and trend. In the early days of the Web there was a much broader use of strong background colours such as black, red, yellow. However fewer websites use strong or loud colours as the main background at present and users are often sensitive to them. Imagine for example user reaction to the Google homepage if it suddenly appeared with a black background (although it might have shock value). Pastel and neutral colours have become more popular and this has been reflected in web site designs. A white background is also seen as the most suitable for reading text (giving high contrast between text and background and being most similar to white paper). Different other colours therefore tend to be used for specific areas of the screen such as the web page banner or menu bar.

### *2.4 Cultural and regional associations*

The colours used to represent a country, such as those appearing on the flag, can have very significant meaning within that country e.g. the red, white and blue of the stars and stripes in the USA, the union jack in the UK or the tricolour of France. Other colours are strongly associated with a country although not components of their flag such as the green and gold of Australia. At another level (both local and internationally) the colours of a football team have strong meanings to their supporters, as reflected in football club websites.

It should be remembered that a cultural group may refer to different kinds of group – such as national, ethnic, religious, social, sports, activity based or professional. Colours also have a symbolism for people through cultural references. Depending upon the culture, colours can have quite different meanings. They can stimulate an emotional reaction so that in Eastern countries for instance, red is a very positive colour and is worn by brides and evokes happiness and prosperity. In Western countries it has a different connotation and is an indicator of excitement, danger, and passion.

The web designer may wish to stimulate positive reactions or at least avoid negative reaction. For example, while in the West white is the colour of weddings, in the East, it is the colour of mourning. If a designer were to design a wedding site intended for an Asian audience that used a lot of whites, this could disturb the people they were trying to reach (Kyrnin 2010a). Such tables can therefore not only be a useful guide for tapping into regional colour associations but also be a guide to avoid negative associations (see Kyrnin 2010b; Wood 2010, for charts showing colour associations for different regions of the world).

For some colours, the origins of the symbolism are clear –green's association with nature, plants, new growth and the environment white the unspoiled colour white represents purity. Also, in general, cool colours such as blue and green tend to have been given a calm and relaxed meaning, while warm colours such as red and orange often have emotional meanings.

Of course the topic or application of the website also influences the choice of colour and can receive fairly wide cultural or international acceptance. So, for instance, blue is often used in banking websites since in Eastern countries it is seen more as an indicator of wealth, while in the West it is a conservative colour traditionally deno-



ting stability and the careful handling of money.

So within a population, as each has culture developed, they each evolved their own meanings of colours. However there is still a lot of commonality between traditional cultural meanings of colours.

### *2.5 Multiple meanings of colour*

A single colour may have both positive and negative symbolism. For example, although blue represents the bright and positive colour of the sky on a sunny day, it can be symbolic of sadness ('feeling blue'). The term "blue chip stocks" also represents corporate solidity and a safe investment. Red is another example of multiple symbolism as the colour of the heart and good luck, it is an energizing, aggressive and bold color. In direct contrast, red is used for road signs to represent "Stop" throughout the world (Color Matters 2010).

The meaning of a colour can change when used in combination with another colour. For example, when red is used in combination with white or green it is an indicator of the Christmas period, and when used in combination with pink it can represent Valentines Day.

## **3. Choosing colours on international websites**

The question arises then of how to employ colour when designing a website for a particular cultural or national group? The following steps might be considered:

- Avoid choosing a main colour that contradicts the application area of the website or may be likely to evoke an inappropriate reaction in the audience.
- If there is a particular colour that a culture or region associates particularly with the topic of the website e.g. in Iran blue is a strong colour representing heaven and spirituality, then it would be a good choice of colour for a religious site within that country.
- Specify the feeling that you are trying to generate among the user group or impression that you are trying to express (e.g. excitement, creativity, reliability) and try to choose a colour that stimulates it for that particular region or culture. For example, since blue is the colour of wealth in Eastern culture and conservatism in the West, it might be a good colour choice for the design of a bank website. However in Korea, a pink colour might be equally suitable as this indicates trust.
- Consider the option of having flexibility in colour choice using a website style sheet, so that the user can select their colour preference for a website that they use on a regular basis.

It may also be helpful to consider how sensitive the users of a certain type of website might be to a specific choice of colour either positive or negative. The following table presents a view of potential sensitivity for particular application areas. Thus for a website related to art and creativity, a radical or unexpected choice of colour may be helpful to promote a theme and users are likely to be open to a wide range of colour themes. For other sites such as business or holiday sites, users are likely to be more sensitive to a good or poor choice of colour, while for certain sites (e.g. religious or cultural tradition) the user is likely to be most sensitive to colour choice.

**Table 1:** Potential user sensitivity to websites with different application areas

Limited sensitivity to use of specific website colours	Medium sensitivity to specific website colours	High sensitivity to specific website colours
Social sites Art/creativity sites Music Personal sites Media sites	Business sites Shopping Holiday sites Academic sites Health sites Scientific sites	Religious sites Sites related to traditions Political sites Sports fan sites

#### 4. Conclusions

Knowledge of colour associations relating to a particular country, region, or culture can be helpful in choosing suitable colours for a website designed for it. However website design is often about standing out from the crowd and so the subtle introduction of additional colours can be effective in achieving this.

While the cultural meanings of colours have an influence on user comfort in using the website, so the designer has to be aware of their audience, and take into account generalizations about the meanings of colour for that market. However individuals will have their own responses to the design colours which cannot be predicted. It is important then to communicate with a sample of potential future users of a website and to obtain their reactions to prototype designs about its proposed colour scheme.

Further research is needed to review the meanings of colours within different communities, to consider the limits of those meanings, and where flexibility in colour choice lies. More research into colour associations for other regions of the world that are less well covered in the literature would also be of benefit.

#### 5. References

1. Color Matters 2010, Color symbolism. Im Internet verfügbar unter: <http://www.colormatters.com/symbolism.html> (11.01.2010).
2. Kyrnin, J. 2010a, Colour symbolism - using colors to convey meaning may backfire on a web site, About.com Guide. Im Internet verfügbar unter: <http://webdesign.about.com/od/color/a/aa072604.htm> (11.01.2010).
3. Kyrnin, J. 2010b, Colour Color Symbolism Chart by Culture, About.com Guide. Im Internet verfügbar unter: [http://webdesign.about.com/od/color/a/bl\\_colorculture.htm](http://webdesign.about.com/od/color/a/bl_colorculture.htm) (11.01.2010).
4. Wood, R.J. 2010, Colour and culture. Im Internet verfügbar unter: <http://www.topendsports.com/design/colour-culture.htm> (11.01.2010).

# **Towards an explanatory model of culturally influenced human machine interaction useful for intercultural usability engineering**

Rüdiger HEIMGÄRTNER

*Intercultural User Interface Consulting (IUIIC),  
Lindenstraße 9, D-93152 Undorf*

**Abstract:** Knowing the cultural differences in human machine interaction (HMI) helps to enhance intercultural usability. Some effects of postulated culturally influencing factors on HMI known from literature have been confirmed by a quantitative empirical study. The cultural interaction indicators (CIIs) found by analyzing the user interaction can be applied to describe the needs of the user regarding HMI related to the culture of the user to get an explanatory model of culturally influenced HMI.

**Keywords:** Cultural differences, human computer interaction, intercultural usability engineering, explanatory model.

## **1. Introduction**

Intercultural usability engineering (IUE) represents a means to design products of good usability for users from different cultures (Honold 2000). Precondition for successful IUE is to know the cultural differences in human machine interaction (HMI) that must be considered in product design and product realization (Honold 2000; Rösse 2002; Heimgärtner 2007). Cultural dimensions and cultural standards serve to include and to express cultural orientation systems (Hofstede & Hofstede 2005; Thomas 1996). These cultural explanatory models can be taken into account to get adequate explanatory models useful for intercultural HMI design as well as to improve the methods of intercultural usability engineering. The knowledge of the outcome of an explanatory model of culturally influenced HMI is a necessary precondition for good usability and high sales figures of products equipped with HMI for global markets.

## **2. Methods**

Analyzing critical interaction situations between humans is a method to find differences among cultures (Thomas 1996). Honold 2000 made this approach available for human-computer interaction analysis by taking into account arising critical situations from problematic user interfaces and system functionality as well as considering systems as (artificial) agents with its own culturally imprinted behavior caused by the developer's culture. The internal model of the user about the system is imprinted by the user's culture, by expectations about the properties of the system, and by the interaction experience with the system.

After deriving intercultural factors from cultural dimensions, for example, Badre & Barber 1998 empirically showed the direct influence of cultural markers on the performance of users interacting with the system and the connection between culture and usability.

Röse 2002 suggested the “method of culture-oriented design” (MCD) that integrates factors from new concepts of culture-oriented HMI design and knowledge about cultural differences into existing concepts of HMI design. Relevant cultural variables for intercultural HMI design have to be determined and specified analytically by literature review and requirements analysis. Their values represent culture-dependent variations that can be exploited for intercultural user interface design (IUID) and that can be found on all levels of HMI localization (surface, functionality, and interaction) (Röse 2002). However, areas strongly influenced by culture do not come to the surface directly - only behavior is visible on the surface, which is imprinted by cultural aspects over time and, hence, only the user behavior itself yields insights about the cultural imprint of the user (Röse 2002). Therefore, one of the most promising methods to obtain cultural differences in HMI is to observe, analyze, and evaluate the user interaction with the system. Empirical qualitative and quantitative analyses must show if the study results are in correspondence with cultural models. Finally, the values of the cultural variables need to be taken into account to get guidelines for intercultural HMI design and intercultural usability engineering.

The first step towards a theory of culturally influenced HMI (CIHMI) is to get a set of cultural interaction indicators (CIIs), which builds the basis for a model that describes cultural differences in interaction behavior of the user by representing the relationship between the values of cultural dimensions and the values of the dimensions of the user interaction behavior, i.e. the values of the “human machine interaction dimensions (HMIDs)”. Before it is possible to analyze the interaction of the user with the system, it is necessary to measure dynamic aspects in HMI using automated analyzing tools by recording the user behavior without gaps chronologically. For this purpose, e.g. the tool for intercultural interaction analysis (IIA tool) can be used (Heimgärtner 2008). Then the culturally caused differences in HMI can be recognized by analyzing the collected quantitative data using statistical tools. For instance, structural equation modeling (SEM) serve to check the correctness of the postulated relationships between the values of the cultural dimensions and the values of the HMIDs confirmatory or to modify (or even to identify) the relationships (e.g. in combination with factor analysis). From this, usability metrics (Nielsen 2001) of high empirical value for measuring quantitative variables in culturally influenced HMI (CIHMI) can be derived.

### *2.1 Experimental Set-up*

Some of the postulated interrelationships between culture and HMI have been tested using the IIA tool, which allows the measurement of numerical values of the HMIDs most relevant for HMI design such as information speed, information density, and interaction speed as well as interaction frequency during the interaction of the user with the system (Heimgärtner 2008). Two online studies conducted in 2006 and 2007 with almost 15000 Chinese, German, and English speaking test persons all over the world. The test persons had to do short test tasks where their interaction behavior was recorded. For more details about the test settings, please refer to Heimgärtner (2007).

## **3. Results**

The data analysis showed that there are correlations between the interaction of

the users with the computer system and their cultural background (Heimgärtner 2007). There are cultural differences in HCI between the tested Chinese and German users concerning layout (complex vs. simple), information density (high vs. low), personalization (high vs. low), language (symbols vs. characters), interaction speed (higher vs. lower), and interaction frequency (higher vs. lower). The found cultural interaction indicators (CIIs, cf. table 1) mainly concern the interaction level of HMI localization.

**Table 1:** Cultural differences in Human-Computer Interaction between Chinese (C) and German (G) speaking users in the study

Cultural Interaction Indicator (CII)	Ratio between (C) and (G)
Number of error clicks	2 : 1
Number of simultaneous tasks	2 : 1
Speed of mouse moves	1,6 : 1
Number of mouse moves	1,3 : 1
Number of left mouse clicks	1,2 : 1
Interaction breaks with mouse >10s	1 : 1,22

It has been proven empirically that the interaction of the user with the system is influenced not only by cultural parameters like nationality, mother tongue, country of birth etc. but also by other parameters like experience or age (Heimgärtner 2007). It is difficult to separate cultural influences from experience because experience is culturally imprinted too (depending on defining the terms). However, reciprocally confirming aspects attest high reliability and criteria validity of the statistical results of the two studies: there is a high discrimination rate of over 80% using CIIs for classifying the users into (C) and (G) as well as a high accordance of the HMIDs and the CIIs found by applying different statistical methods (cf. Heimgärtner 2007).

From the CIIs and the cultural interaction patterns (CIPs) obtained by the empirical studies significant correlations between culture and HMI have been found that are relevant for intercultural HMI designers and intercultural usability engineers. Information density, information and interaction frequency as well as information and interaction parallelism is lower for (G) than for (C) according to relationship orientation, density of information networks and time orientation of the user. This fact seems to be the reason for the significant differences in using anthropomorphic agents, relationship-oriented dialogs and message contents as well as chat programs between (G) and (C). Therefore, the kind of interaction of the system with the user within HMI must be adjustable by changing system parameters adequately according to the peculiarity of the CIIs and the HMIDs to allow the system to cope with the user's interaction needs that vary mainly from the user's cultural imprint, experience, and age as well as depends on situational context.

### 3.1 Implications for an Explanatory Model of Culturally Influenced HMI

The results found in the studies led to the conviction that it is justified, reasonable, and encouraged to use the CIIs in intercultural HMI research to get a reasonable explanatory model of CIHMI. Thereby, first reflections have been made to generate a structural equation model of the relationship between HMIDs and cultural aspects. The explanatory model is based on some of the best classifying CIIs grounded on the hypothesis that the peculiarities of HMIDs depend on the cultural imprint of the users described by the peculiarities of the cultural dimensions. For example, the higher the

relationship orientation (collectivism), the higher are information density, information speed, information frequency, interaction frequency and interaction speed and vice versa. However, it is problematic to bring cultural models into accordance with HMI design totally. Not all possible disturbing variables can be taken into account because of cultural complexity. The results obtained by the explanatory model containing CIIIs differ from reality. Furthermore, the correctness of the explanatory model varies with the number of CIIIs used for one HMID. In this sense, the explanation strength is still weak because until now, each HMID has been energized only by a few CIIIs and only some of those CIIIs expose very high selectivity power.

#### 4. Conclusions

The empirical results obtained by the described study partly confirm the relationships postulated in literature by showing that there is a metrics composed of cultural interaction indicators (CIIIs), which is adequate to measure culturally influenced human machine interaction (CIHMI). The values of the CIIIs revealed interesting tendencies in user interaction behavior (i.e., HMI style or characteristics) related to the cultural imprint of the user. Therefore, it should be possible to optimize the explanatory model of culturally dependent variables for HMI design using the methods of factor analysis and structural equation modeling by revising the relationship between user interaction and user culture. However, much work is still remaining (like to improve the separation power of the CIIIs or the explanation strength of the model of CIHMI). Nevertheless, the presented ideas in this paper represent a reasonable step towards an explanatory model of CIHMI from which the areas of intercultural usability engineering and intercultural HMI design can profit as good as the model is developed.

#### 5. References

1. Badre, A. & Barber, W. 1998, *Culturability: The Merging of Culture and Usability*. In: Proceedings of the 4th Conference on Human Factors and the Web. NJ, USA: Basking Ridge.
2. Heimgärtner, R. 2007, *Cultural Differences in Human Computer Interaction: Results from Two Online Surveys*. In: A. Oßwald, M. Stempfhuber & C. Wolff (Hrsg.), *Open innovation*. Konstanz: UVK, 145-158.
3. Heimgärtner, R. 2008, *A Tool for Getting Cultural Differences in HCI*. In: K. Asai, (Ed.), *Human Computer Interaction: New Developments*. Vienna: In-Tech, 343-368.
4. Hofstede, G. & Hofstede, G.J. 2005, *Cultures and Organizations: Software of the mind*. New York: McGraw-Hill.
5. Honold, P. 2000, *Interkulturelles Usability Engineering: Eine Untersuchung zu kulturellen Einflüssen auf die Gestaltung und Nutzung technischer Produkte*. Düsseldorf: VDI Verlag.
6. Nielsen, J. 2001, *Usability metrics*. Im Internet verfügbar unter: <http://www.useit.com/alertbox/20010121.html>. 01|06|2010.
7. Röse, K. 2002, *Methodik zur Gestaltung interkultureller Mensch-Maschine-Systeme in der Produktionstechnik*. Kaiserslautern: Universität Kaiserslautern.
8. Thomas, A. 1996, *Psychologische Bedingungen und Wirkungen internationalen Managements analysiert am Beispiel deutsch-chinesischer Zusammenarbeit*. In: A. Thomas, *Psychologie interkulturellen Handelns*. Göttingen: Hogrefe.



## „RisikoQuickCheck“ – ein neues Präventionsinstrument für die Altenpflege

Martin SCHMAUDER<sup>1</sup>, Dieter SPATH<sup>2</sup> und Petra GAUGISCH<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Institut für technische Logistik und Arbeitssysteme,  
Technische Universität Dresden, Helmholtzstr. 10, D-01062 Dresden*

<sup>2</sup> *Fraunhofer Institut Arbeitswirtschaft und Organisation,  
Nobelstr. 12, D-70569 Stuttgart*

**Kurzfassung:** Der »RisikoQuickCheck« für die stationäre Altenpflege in Baden-Württemberg hat das Ziel, den Einrichtungen bei der Beantwortung der folgenden Frage zu helfen: Wo stehen wir in Sachen Arbeitsschutz und was können wir tun, um besser zu werden?

Der zweite »RisikoQuickCheck« wurde von März bis Mai 2009 durchgeführt. Es wurde mit 65 Fragen der Stand von Sicherheit und Gesundheitsschutz abgefragt

**Schlüsselwörter:** Prävention, Belastungen, Altenpflege, Benchmarking.

### 1. Einleitung

Der »RisikoQuickCheck« geht auf eine bundesweit bisher einmalige Kooperation zwischen der Berufsgenossenschaft für Gesundheitsdienst- und Wohlfahrtspflege (BGW) und der Unfallkasse Baden-Württemberg (UKBW) sowie weiteren Kooperationspartnern wie staatlicher Aufsicht, Verbänden von Altenhilfeeinrichtungen und Krankenkassen zurück. Erklärte Absicht ist es, die Qualität der Arbeit in der Pflege zu verbessern und gleichzeitig Transparenz in die eigenverantwortliche Umsetzung von Mindestvorschriften für Sicherheit und Gesundheit der Beschäftigten zu erreichen. Ziel der Kooperation ist es, den Arbeitsschutz in den Betrieben der stationären Altenhilfe landesweit zu verbessern und die Eigenverantwortung der Betriebe stärken.

Zu diesem Zweck wurde der »RisikoQuickCheck« (RQC) entwickelt. Der »RQC« ist ein Internettool, das den Einrichtungen der stationären Altenhilfe sehr schnell und einfach ermöglicht, den eigenen Stand in Bezug auf Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz festzustellen und sich weiterzuentwickeln. Er besteht aus 65 Fragen zu relevanten Themengebieten (vgl. Abbildung 1). In einer Toolbox stehen umfangreiche Informationen und Handlungsanleitungen zur Verfügung (vgl. Abbildung 2). Der »RQC« soll ein flächendeckendes Screening zum Stand des Arbeitsschutzes in Baden-Württemberg erreichen und innerhalb von drei Jahren durch regelmäßige Wiederholung der Befragung, die Weiterentwicklung des Arbeitsschutzes dokumentieren.

Der »RisikoQuickCheck« wird seit dem Jahr 2008 den stationären Einrichtungen der Altenhilfe in Baden-Württemberg online zur Verfügung gestellt. Vom 1. März bis 31. Mai 2009 wurde die zweite Erhebungsphase des »RQC« durchgeführt.

### 2. Vorgehen

Die Erhebung wurde als Online-Erhebung mit integrierter Toolbox zur Selbsthilfe durchgeführt (vgl. Abbildung 3).

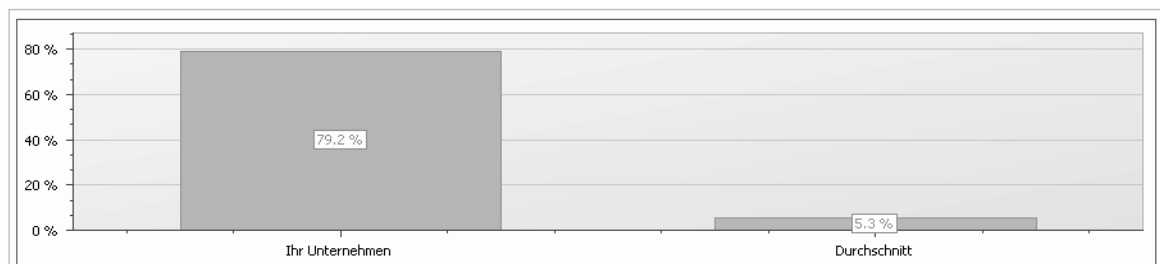
3 Gefährdungsbeurteilungen		
3.1	Wurde eine Gefährdungsbeurteilung, insbesondere unter Beachtung der Hautgefährdung, Infektionsgefährdung, Rückenbelastung, psychischen Belastungen, Stolper- und Sturzgefährdungen und den baulichen Standards durchgeführt?	<input checked="" type="radio"/> nein, gar nicht <input type="radio"/> ja, ansatzweise <input type="radio"/> ja, überwiegend <input type="radio"/> ja, vollständig
3.2	Werden erkannte Defizite beseitigt?	<input type="radio"/> nein, gar nicht <input checked="" type="radio"/> ja, ansatzweise <input type="radio"/> ja, überwiegend <input type="radio"/> ja, vollständig
3.3	Werden besondere Personengruppen berücksichtigt (z. B. werdende und stillende Mütter, Jugendliche)?	<input type="radio"/> nein, gar nicht <input type="radio"/> ja, ansatzweise <input type="radio"/> ja, überwiegend <input checked="" type="radio"/> ja, vollständig
3.4	Gibt es ein Sicherheitskonzept zur Einbindung und Koordination von Fremdfirmen in Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz (z.B. Handwerker, externer Reinigungsdienst, Fensterreinigung, Lieferanten)?	<input type="radio"/> nein, gar nicht <input type="radio"/> ja, ansatzweise <input type="radio"/> ja, überwiegend <input checked="" type="radio"/> ja, vollständig
3.5	Unterstützen und beraten die Betriebsärzte die Heimleitung bei der Durchführung der Gefährdungsbeurteilung nach §5 ArbSchG?	<input type="radio"/> nein, gar nicht <input type="radio"/> ja, ansatzweise <input type="radio"/> ja, überwiegend <input checked="" type="radio"/> ja, vollständig
3.6	Unterstützen und beraten die Fachkräfte für Arbeitssicherheit die Heimleitung bei der Durchführung der Gefährdungsbeurteilung nach §5 ArbSchG?	<input type="radio"/> nein, gar nicht <input type="radio"/> ja, ansatzweise <input type="radio"/> ja, überwiegend <input checked="" type="radio"/> ja, vollständig
3.7	Spielt bei der Beschaffung von Geräten und Maschinen die Benutzerfreundlichkeit eine Rolle?	<input type="radio"/> nein, gar nicht <input type="radio"/> ja, ansatzweise <input type="radio"/> ja, überwiegend <input checked="" type="radio"/> ja, vollständig

Abbildung 1: Fragenbeispiel

The screenshot shows the 'RisikoQuickCheck' website interface. The main content area is titled '4.2.1 Ist ein Hautschutzplan vorhanden?'. Below this, there are sections for 'Allgemeine Hinweise, Schulungsangebote:', 'Informationen:', 'Rechtsquellen (Gesetze, Verordnungen, Vorschriften):', and 'Vorlagen, Praxishilfen, Vordrucke:'. The 'Informationen:' section lists a PDF document titled 'TRGS 401 Gefährdungen durch Hautkontakt - Ermittlung, Beurteilung, Maßnahmen (183 KB)[pdf]' with the subtitle 'Wichtige Regel zum Arbeitsschutz'. The 'Vorlagen, Praxishilfen, Vordrucke:' section lists a PDF document titled 'Hautschutzplan (73 KB)[pdf]' with the subtitle 'Musteraushang'. On the right side, there is a sidebar with the 'kCheck' logo and a button labeled 'Abmelden'. At the bottom, there is a 'Drucken' button and a 'Fertig' status indicator. A 'Fenster schließen' button is also visible.

Abbildung 2: Beispiel „Toolbox“ Unterstützungs- und Downloadmöglichkeiten

### RisikoQuickCheck - Auswertung zu Bauliche und technische Voraussetzungen



Bei folgenden Anforderungen erreichen Sie nicht den gesetzlich definierten Mindeststandard:

- |     |   |                      |
|-----|---|----------------------|
| 2.3 | Werden elektrische Anlagen und Betriebsmittel entsprechend der Prüffristen - Prüfungen nach BetrSichV, bzw. BGV A3, GUV-V A3 - regelmäßig geprüft (z. B. Steckdosen, elektrische Kleingeräte usw.)? | <a href="#">info</a> |
| 2.6 | Sind die obersten und untersten Stufen der Treppen gut erkennbar bzw. gekennzeichnet?   | <a href="#">info</a> |

[<< zurück](#)

[weiter >>](#)

**Abbildung 3:** Beispiel direkte „Online-Auswertung“

## 3. Ergebnisse

455 von 1326 angeschriebenen Einrichtungen haben teilgenommen. Dies entspricht einer Quote von 34,3 % (2008: 22,5%). Es gab in 2009 mit ca. 63% mehr Teilnehmer eine deutliche Steigerung der Beteiligung. Von den insgesamt 455 Teilnehmern haben 210 (46,2%) bereits im Jahr 2008 am »RQC« teilgenommen, 245 (53,8%) sind neu dazugekommen. In 2009 lagen die Angaben zum Stand von Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz auf einem gegenüber 2008 leicht höheren Niveau, so dass durch die Beteiligung am RisikoQuickCheck positive Impulse in die Branche gegeben werden konnten.

### 3.1 Innerbetriebliche Arbeitsschutzorganisation

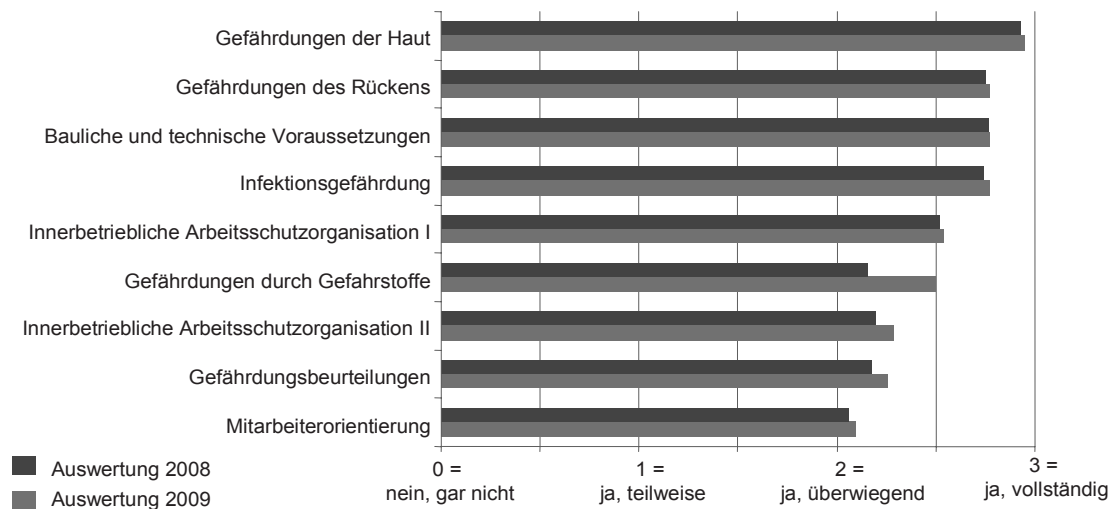
Hier werden alle Fragen sowohl 2008 als auch 2009 auf einem hohen Niveau beantwortet. Einrichtungen mit einem guten Arbeitsschutz haben einen regelmäßig tagenden ASA, eine aktive Fachkraft für Arbeitssicherheit und einen kontinuierlichen Verbesserungsprozess haben. Je stärker der Arbeitsschutz organisatorisch verankert ist, umso wirksamer ist er. Bei den Wiederholern konnte eine stärkere Verankerung des Arbeitsschutzes im Unternehmensleitbild sowie eine Intensivierung der Unterweisungsaktivitäten festgestellt werden. Nach wie vor tagt der Arbeitsschutzausschuss nicht in allen Betrieben regelmäßig, was als Voraussetzung für systematische Aktivitäten zu sehen ist.

### 3.2 Bauliche und technische Voraussetzungen

Der Stand des Arbeitsschutzes bezüglich baulicher und technischer Voraussetzungen wird als weitgehend konstant auf hohem Niveau eingeschätzt. Nur wenige Defizite sind vorhanden. Einige Detailverbesserungen sind von 2008 auf 2009 zu erkennen. Wer keinen kontinuierlichen Verbesserungsprozess installiert hat, der hat eher bauliche Mängel zu verzeichnen.

### 3.3 Gefährdungsbeurteilungen

Nur 58% der Einrichtungen geben an, dass sie bei der Gefährdungsbeurteilung auf dem Stand der Dinge sind, ca. 40% haben hier noch deutlichen Handlungsbedarf. Es zeigt sich, dass die »Wiederholer« Defizite erkannt und bearbeitet haben. Wer kontinuierlich mitmacht, wird besser.



**Abbildung 4:** Ergebnisse 2008 und 2009

### 3.4 Gefährdungen des Rückens und der Haut, Infektionsgefährdung und Gefährdungen durch Gefahrstoffe

Das insgesamt hohe Niveau von 2008 wurde 2009 gehalten und teilweise verbessert. Insbesondere der Einsatz von Hebehilfen und das Gefahrstoffkataster wurden weiter optimiert. Trotzdem besteht noch Optimierungsbedarf bei der Reduzierung von Gefahrstoffen bzw. der Suche nach Ersatzstoffen. Es fällt auch in 2009 auf, dass Maßnahmen durchgeführt werden, ohne vorher die Situation zu beurteilen. Hier liegt die Vermutung nahe, dass Maßnahmen nach allgemeinen Vorschriften durchgeführt werden, ohne dass vorher konkrete Gefährdungsbeurteilungen gemacht werden, was eigentlich notwendig und sinnvoll ist.

### 3.5 Mitarbeiterbeteiligung

Im Abschnitt »Mitarbeiterorientierung« sind nur wenige Veränderungen feststellbar. Hier werden offensichtlich Unterstützungsinstrumente noch zu wenig genutzt.

## 4. Ausblick

Das Vorhaben ist auf drei Jahre angelegt, ab März 2010 beginnt die dritte Runde. Weitere Informationen sind im Internet unter: <http://www.risikoquickcheck.de> zu erhalten.

## Gebrauchstauglichkeit einer interaktiven virtuellen Umgebung zur Evaluation von Mensch-Maschine Schnittstellen

Peter NICKEL, Preethy PAPPACHAN, Andy LUNGFIEL, Georg NISCHALKE-FEHN, Michael HUELKE und Michael SCHAEFER

*Institut für Arbeitsschutz der DGUV (IFA),  
Fachbereich Unfallverhütung und Produktsicherheit,  
Alte Heerstraße 111, D-53757 Sankt Augustin*

**Kurzfassung:** Da zur Gestaltung von Arbeitssystemen virtuelle Realität (VR) vielfältig genutzt wird, empfiehlt sie sich auch als effektives Werkzeug im präventiven Arbeitsschutz. Im Institut für Arbeitsschutz der DGUV (IFA) soll ein VR-System zukünftig zur Analyse und Evaluation der kognitiv-ergonomischen Schnittstellen-Gestaltung von Anlagen und Bauteilen eingesetzt werden. Daher wird zunächst die Gebrauchstauglichkeit des Systems selbst untersucht. Erste Ergebnisse lassen gute Einsatzmöglichkeiten im Bereich Unfallverhütung und Produktsicherheit erwarten.

**Schlüsselwörter:** Virtuelle Realität, Usability, Arbeitsschutz, Validierung.

### 1. Einleitung und Problemstellung

Virtuelle Realität (VR) ist eine Methode zur Analyse und Evaluation der kognitiv-ergonomischen Gestaltung von Mensch-Maschine Systemen in allen Phasen des Produktentwicklungsprozesses. VR ist ebenso eine Simulationstechnik, die dem Benutzer direkte Interaktionen mit virtuellen Repräsentationen tatsächlicher und/oder künstlicher Arbeitsumgebungen erlauben (Nickel & Nachreiner 2010). Die steigende Verbreitung von VR in Bereichen wie z.B. Produktion, Prozessindustrie, Medizintechnik oder Verkehr lässt auf den vielseitigen Einsatz von VR als Methode und Technik sowie auf eine mögliche hohe Qualität der Repräsentation tatsächlicher Arbeitsprozesse schließen (z.B. Stanney & Cohn 2006). Fortschritte in den Möglichkeiten zur Unterstützung von Prozessen der Informationsverarbeitung in der Mensch-Maschine Interaktion machen VR auch attraktiv für Anwendungen im Arbeits- und Gesundheitsschutz (z.B. Training und Produktgestaltung; Gude 2005; Määttä 2003). VR erscheint im Arbeitsschutz insbesondere nutzbar zur präventiven Unfallverhütung und Produktsicherheit. Mit VR können Sicherheitskonzepte bereits frühzeitig entwickelt, erprobt und integriert werden. Die forderungsgerechte Gestaltung der Aufgaben- und Interaktions-Schnittstellen kann mit VR formativ evaluiert und verbessert werden (Marc et al. 2007).

Der Aufbau und die (erstmalige) Nutzung eines VR-Systems sollten mit einer sorgfältigen Planung und Untersuchung seiner Gebrauchstauglichkeit (Usability) beginnen. Ein VR-System wird spezifisch für Anforderungen geplanter Anwendungen oder Einsatzgebiete ausgelegt. Das Zusammenwirken der Systemfunktionen und -eigenschaften ist daher – anders als bei bekannten Standardprodukten – noch unbekannt. Die Erfüllung von Systemanforderungen sollten daher überprüft und die Repräsentation tatsächlicher Arbeitsprozesse validiert werden (Marc et al. 2007).

Die Validierung zielt auf Vergleiche von Anforderung bzw. Ist-Zustand mit dem Ziel-Zustand der Gestaltung des Mensch-Maschine-Systems (Pejtersen & Rasmussen 1997). Dieser Vergleich fokussiert auf die Gestaltung des tatsächlichen Mensch-Maschine Systems und nicht nur seiner Simulation in VR. Es ist dabei günstig, wenn die simulierten Arbeitsbedingungen und die (Verhaltens-)Auswirkungen jenen am tatsächlichen Arbeitsplatz entsprechen. Zur Validierung sollten zunächst spezifizierte Anforderungen an das System überprüft werden (z.B. mit Dokumentenanalysen, Heuristiken und Expertenurteile) und dann die Übereinstimmung simulierter mit tatsächlichen Arbeitsprozessen getestet werden (z.B. mit experimentellen Studien).

Im Institut für Arbeitsschutz der DGUV (IFA) wurde eine Cave Automatic Virtual Environment (CAVE®) aufgebaut. Mit Usability-Studien soll untersucht werden, inwieweit die CAVE für potentielle zukünftige Analysen und Evaluationen der kognitiv-ergonomischen Gestaltung von Mensch-Maschine Schnittstellen genutzt werden kann. Ein Arbeitsplatz mit kollaborierendem Roboter wird als spezifische Anwendung aufgebaut um Arbeitsbedingungen und –auswirkungen in der CAVE im VR/Usability-Labor mit denen am tatsächlichen Arbeitsplatz im Umwelt/Usability-Labor des IFA zu vergleichen. Im Folgenden wird zum Stand der Umsetzung von Anforderungen beim Aufbau der CAVE und zu ersten Erfahrungen mit erforderlichen experimentellen Studien berichtet.

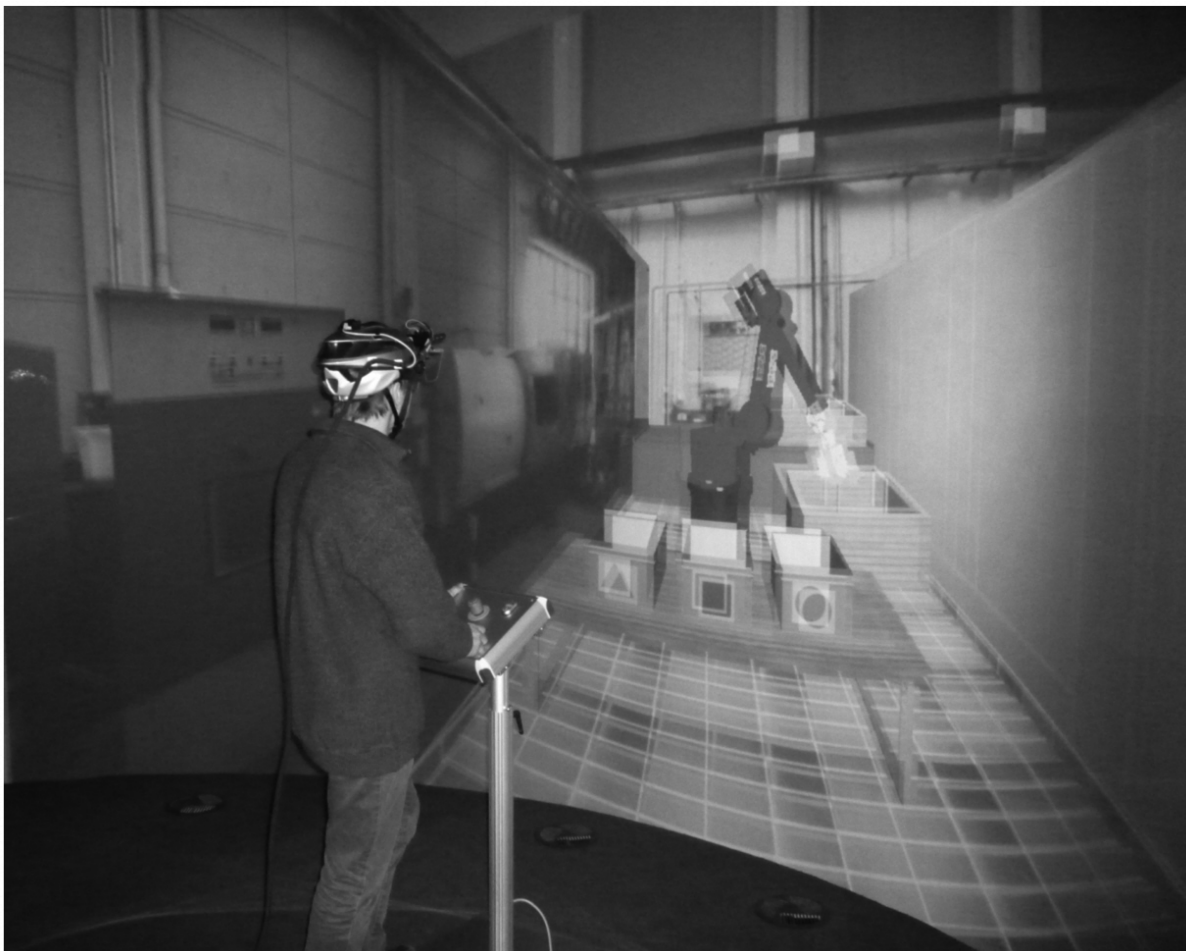
## 2. Erste Erfahrungen mit der CAVE

Um zukünftige Vorhaben mit der CAVE auch an großen Anlagen und Maschinen mit Sicherheitseinrichtungen durchzuführen ist eine große Projektionsfläche erforderlich. Gleichzeitig benötigt dabei der Anlagenbediener Bewegungsraum und während der Mensch-Maschine Interaktion sollte Immersion (Wahrnehmung des Eintauchens in die virtuelle Umgebung) gewährleistet bleiben. Im IFA wurde daher ein VR/Usability-Labor geschaffen, in dem eine CAVE von 3 m Höhe und 8 m Breite in einem 164° Kreissegment mit 2,80 m Radius ausgelegt werden konnte. Bereits beim Aufbau der CAVE auffällige Beeinträchtigungen der Wahrnehmung durch Licht- und Schallreflexionen konnten durch einen matt schwarzen Anstrich aller Laborflächen außerhalb der Projektionswand und eine Schalldämmung zur Absorption eines Echos beseitigt werden. Benutzungstests frontal zur gebogenen Projektionswand zeigten, dass der maximale Bereich für Tiefenwahrnehmung im menschlichen Gesichtsfeld abgedeckt wird und dass Immersion nicht durch Blicke über die Projektionswand hinaus beeinträchtigt wird. Der Benutzer kann sich vor der Projektionswand auf einer Fläche von 7 m<sup>2</sup> bewegen und ein virtueller Arbeitsplatz z.B. an einer großen Drehmaschine oder mit einem kollaborierenden Roboter kann im Gesichtsfeld vollständig projiziert werden (Abbildung 1). Wie stark Immersion beeinträchtigt wird, wenn in der CAVE Arbeitsplätze simuliert werden, die tatsächlich einen weiteren Bewegungsradius erfordern, ist im Bedarfsfall mit verschiedenen Hilfsmitteln zur Bewegungssteuerung durch experimentelle Studien zu klären. Zur weitergehenden Beurteilung der Immersion sind in Studien (s.u.) auch Benutzerbefragungen zu Präsenz und zur Simulatorkrankheit sowie die Erfassung von Leistungsdaten zur Tiefenwahrnehmung vorgesehen.

Weitere Anforderungen an die CAVE sind z.B. die ergonomische Ausgestaltung sowie die angemessene Informationsdarstellung. Zur Bewertung der ergonomischen Gestaltung konnte auf ein speziell für VR entwickeltes Screening-Verfahren (McCaughey Bell 2002) zurückgegriffen werden, das keine Defizite oder Beeinträchtigungen



aufzeigte. Die Kriterien bezogen sich z.B. auf die Beseitigung von Stolperfallen, vorhandene Notbeleuchtung und Vermeidung beeinträchtigender statischer Muskelarbeit. Grundlegende Voraussetzung der Informationsdarstellung in der CAVE ist eine homogene Projektion mit angemessener Ausleuchtung, Bildwiederholungsfrequenz und Auflösung. Darüber hinaus sind u.a. die Erkenn- und Lesbarkeit von Zeichen oder Arbeitsobjekten relevante Kriterien. Die in der CAVE des IFA umgesetzte VR-Projektion mit drei Infitec™ Stereo-Rückprojektionspaaren und einer Anpassung der Projektion auf Bewegung und Blickrichtung des Benutzers in Echtzeit führt zu einer zunächst vorläufig positiven Bewertung der Informationsdarstellung. Die tatsächliche Bewertung ist jedoch abhängig von den Aufgaben der Benutzer und den dazu projizierten VR-Szenarien. Und in die Bewertungen müssen ebenso Vergleiche zwischen simulierten und tatsächlichen Arbeitsplätzen eingehen. Bei der Erkenn- und Unterscheidbarkeit von Objekten verschiedener Größe und Form deutet sich an, dass die VR-Projektion für feine Detaildarstellungen nicht ausgelegt ist. Anhand von Benutzungstests wäre ggf. anwendungsspezifisch zu untersuchen, inwieweit auf die bereits vorgesehene Möglichkeit z.B. der Integration eines Monitors in die VR i.S.e. gemischten Realität zurückzugreifen ist.



**Abbildung 1:** Arbeitsplatz mit kollaborierendem Roboter in der CAVE des IFA

Schließlich soll die CAVE eine möglichst realitätsnahe Abbildung von Arbeitsbedingungen und -auswirkungen am Beispiel eines Arbeitsplatzes mit kollaborierendem Roboter ermöglichen (Abbildung 1). Messungen zu den Beleuchtungsbedingungen an beiden Arbeitsplätzen im IFA ergaben vergleichbare Leuchtdichteverteilungen. Es

werden unterschiedliche Maßnahmen abgewogen das etwas niedrigere Leuchtdichteniveau im VR-Szenarium auszugleichen. Zunächst nur unsystematisch durchgeführte Tests zeigen, dass die Mensch-Roboter-Interaktion im VR-Szenarium selbst bei höheren Bewegungsgeschwindigkeiten des Roboters realistisch abgebildet wird. Bei VR-Demonstrationen des IFA auf der A+A 2009 ergaben sich bei diesem Szenarium z.B. realitätsnahe menschliche Verhaltensreaktionen in Störungssituationen und Benutzer zeigten sich von der Realitätstreue der Visualisierung beeindruckt. Es ist vorgesehen, die geplanten experimentellen Studien auf die Bedingungen Wahrnehmung von Größe und Form von Arbeitsobjekten, von Tiefe und Entfernung sowie Geschwindigkeit zu beziehen. In weiteren experimentellen Studien werden Szenarien der Mensch-Roboter Kollaboration zur Bearbeitung von Aufgaben am Arbeitsplatz eingesetzt. Untersucht werden sollen Auswirkungen auf Prozesse der Informationsverarbeitung anhand von Leistungsparametern und Benutzerbefragungen.

### 3. Diskussion

Erste Ergebnisse zur Usability der CAVE im VR/Usability-Labor des IFA weisen auf gute Voraussetzungen für vielseitige Einsatzmöglichkeiten der VR als Technik und Methode im präventiven Arbeitsschutz hin. Bisherige Erkenntnisse durch VR zur Unfallverhütung und Produktsicherheit lassen sich dadurch erweitern (Määttä 2003). Ergebnisse aus laufenden und noch ausstehenden Studien könnten auch für die Gestaltung von Arbeitsplätzen mit kollaborierenden Robotern hilfreich sein (BG/BGIA 2009). VR ist dabei nicht als Alternative zu Feld-Studien sondern als hilfreiche Ergänzung zu sehen. VR kann grundsätzliche Vorteile einer Simulation potentiell gefährlicher oder noch unbekannter Situationen nutzen, ist aber auch mit deren Nachteilen behaftet. Die dreidimensionale Konstruktion von Maschinen wird voraussehbar eine Integration in VR-Szenarien erleichtern. Damit dürfte dann auch für die Unfallversicherungsträger und Betriebe die Durchführung von Usability-Studien mit VR für eine sehr breite Produktpalette und über den gesamten Produktlebenszyklus gegeben sein.

### 4. Literatur

1. BG/BGIA 2009, BG/BGIA-Empfehlung für die Gefährdungsbeurteilung nach Maschinenrichtlinie. Gestaltung von Arbeitsplätzen mit kollaborierenden Robotern. Sankt Augustin: IFA.
2. Gude, D. 2005, Evaluierung des Einsatzes von Darstellungstechniken der virtuellen Realität in einem eLearning-Modul zur ergonomischen Gestaltung von Arbeitssystemen, Zeitschrift für Arbeitswissenschaft, 59, 281-290.
3. Määttä, T. 2003, Virtual environments in machinery safety analysis. Tampere: VTT Technical Research Centre of Finland.
4. Marc, J., Belkacem, N. & Marsot, J. 2007, Virtual reality: A design tool for enhanced consideration of usability 'validation elements', Safety Science, 45, 589-601.
5. McCauley Bell, P. 2002, Ergonomics in virtual environments. In: K.M. Stanney (Ed.), Handbook of virtual environments. Mahwah: LEA, S. 807-826.
6. Nickel, P. & Nachreiner, F. 2010, Evaluation arbeitspsychologischer Interventionsmaßnahmen. In: U. Kleinbeck, & K. Schmidt (Hrsg.), Arbeitspsychologie (Enzyklopädie der Psychologie, D, III, 1). Göttingen: Hogrefe, S. 1003-1038.
7. Pejtersen, A.M. & Rasmussen, J. 1997, Effectiveness testing of complex systems. In: G. Salvendy (Ed.), Handbook of human factors and ergonomics. New York: Wiley, S. 1514-1542.
8. Stanney, K.M. & Cohn, J. 2006, Virtual environments. In: G. Salvendy (Ed.), Handbook of human factors and ergonomics. Hoboken: Wiley, S. 1079-1096.

## Gerbrauchstauglichkeit von Produkten – Fallbeispiel Feuerwehrschutzkleidung

Tobias BLEYER, Armin WINDEL und Marie PENDZICH

*Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin,  
Friedrich-Henkel-Weg 1-25, D-44149 Dortmund*

**Kurzfassung:** Im Beitrag wird die Gebrauchstauglichkeitsprüfung eines Produktes anhand des BMBF-Verbundprojekts „SAFE – Semi-permeable Schutzanzüge für Einsatzkräfte“ dargestellt. Ziel des Projektes ist die Entwicklung einer leistungsfähigen permeablen Schutzkleidung, die sich durch neue Adsorbentien und Sensoren für Vitalparameter auszeichnet. Die Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin übernimmt die grundlegenden Untersuchungen zur Ergonomie der neuartigen Schutzkleidung. Aus methodischer Sicht wird verdeutlicht, welche Vorteile die Berücksichtigung von Kriterien der Ergonomie und Gebrauchstauglichkeit bereits in der Entwicklungsphase von Produkten hat.

**Schlüsselwörter:** Gebrauchstauglichkeit, Produktprüfung, Feuerwehr, Persönliche Schutzausrüstung.

### 1. Einleitung

Die Gebrauchstauglichkeit von Arbeitsmitteln und persönlicher Schutzausrüstung ist in zunehmendem Maße von Bedeutung. Mit ihrer Hilfe lässt sich „das Ausmaß, in dem ein Produkt durch bestimmte Benutzer in einem bestimmten Nutzungskontext genutzt werden kann, um bestimmte Ziele effektiv, effizient und mit Zufriedenheit zu erreichen“ (DIN EN ISO 9241-11:1999) beschreiben.

Im Beitrag wird die Gebrauchstauglichkeitsprüfung einer leistungsfähigen Schutzkleidung, die sich durch neue Adsorbentien und Sensoren für Vitalparameter auszeichnet, vorgestellt. Die Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin hat die grundlegenden Untersuchungen zur Ergonomie der neuartigen Schutzkleidung im Rahmen des BMBF-Verbundprojektes „SAFE“ übernommen.

Die Evaluierung und Optimierung der ergonomischen Trageeigenschaften sowie der Gebrauchstauglichkeit des Schutzanzuges muss bereits im Entwicklungsprozess bedacht werden, um die Einhaltung grundlegender ergonomischer Anforderungen an persönliche Schutzausrüstung nachzuweisen: Gewicht des Schutzanzuges, physiologische Eigenschaften etc. Des Weiteren sind im Rahmen der Gebrauchstauglichkeit Anforderungen von Bedeutung, die insbesondere die Nutzerakzeptanz, die generelle und auch die spezielle Eignung im jeweiligen Nutzungskontext beeinflussen, z. B. Beweglichkeit, Aufgabenangemessenheit, Selbstbeschreibungsfähigkeit, Erwartungskonformität etc.

Ist die Nutzung des Schutzanzuges frei von Beeinträchtigungen und besteht eine positive Einstellung gegenüber seinem Einsatz, so kann dies als Zufriedenheit der Nutzer bezeichnet werden. Vorrangiges Ziel der Untersuchungen war es daher, ein entsprechendes Versuchsdesign zu entwickeln.

## 2. Methode

Das Versuchsdesign umfasst einen Querschnittsvergleich mit 50 Probanden dreier Alters- und Körpergewichtsklassen bei drei Typen von Schutzanzügen (Neukonstruktion im Vergleich zu herkömmlichen Design- und Konstruktionsvarianten) und zwei verschiedenen Klimaten. Als Probanden wurden sowohl haupt- als auch nebenberuflich tätige Feuerwehrmänner und -frauen ausgewählt. Die Längsschnittanalyse bezieht sich auf die Betrachtungen diverser Vital- und Klimaparameter.

Mit dem BAuA-Ergonomie-Kompendium (Bleyer et al. 2010), einer Methodik zur Beurteilung der ergonomischen Qualität von Produkten, werden die zu beurteilenden Schutzanzüge auf Erfüllung von Gebrauchstauglichkeitsanforderungen geprüft. Die Untersuchungen umfassen Bewegungsbereiche, die mit anthropometrischen Analyseverfahren erfasst werden (Greifweiten, -winkel, Umblick-Gesichtsfelder etc.). Die Probandenversuche werden durch Erhebungen zum Wohlbefinden und zum Tragekomfort mittels Fragebögen ergänzt. Alle Untersuchungsschritte erfolgen auf der Grundlage des bestimmungsgemäßen Gebrauchs und im Nutzungskontext.

### 2.1 Analyse des Nutzungskontextes

Zentraler Bestandteil bei der Bewertung der Gebrauchstauglichkeit des Schutzanzuges ist der Nutzungskontext. Er beschreibt die typischen Nutzer und ihre Einsatzaufgaben. Des Weiteren sind zeitgleich genutzte persönliche Schutzausrüstungen und Hilfsmittel zu erfassen, die zur Bearbeitung der gestellten Aufgaben benötigt werden. Ebenso von Bedeutung ist die Einsatzumgebung. Erst das Verständnis dieser Rahmenbedingungen ermöglicht dem Prüfer eine Bewertung der entsprechenden Gestaltungslösungen vorzunehmen.

Für die Analyse des Nutzungskontextes wurde auf Literatur und Normen sowie Produktdokumentationen zurückgegriffen. Wesentliche Quelle für das Verständnis des Kontextes bildeten jedoch erfahrene Nutzer, die sich im Rahmen des Verbundprojektes im Wesentlichen bei Katastrophenschutz und Feuerwehr finden. Es wurden Interviews geführt, Fragebögen ausgegeben und Nutzer unter Einsatzbedingungen beobachtet. Auf der Grundlage der gewonnenen Erkenntnisse und der genauen Definition des Nutzungskontextes wurden in einem nächsten Arbeitsschritt Anforderungen und Bewertungskriterien an die zu prüfenden Schutzanzüge definiert.

### 2.2 Erarbeitung von Anforderungskriterien

Es konnten einzelne Komponenten des Schutzanzuges identifiziert werden, die direkten Einfluss auf seine Gebrauchstauglichkeit haben. Einige Komponenten sind offensichtlich: Reißverschlüsse, Klettverschlüsse, Bedienungsanleitung etc. Andere Komponenten ergaben sich erst aus dem Nutzungskontext und den dort spezifizierten Aufgaben. Greifflächen zum An- und Auskleiden ließen sich nur identifizieren, indem Nutzer beobachtet wurden, die unterschiedliche Aufgaben im Schutzanzug konkret bearbeiteten. Im nächsten Schritt wurden Anforderungen analysiert, die an die identifizierten Komponenten zu stellen sind. Dazu wurde zunächst geprüft, welche Anforderungskategorien des BAuA Ergonomie-Kompendiums für die jeweilige Komponente (Greifflächen, Stellteile, Dialoggestaltung etc.) zutreffend waren. Es ergab sich somit eine Prüfmatrix, in der jeder Komponente des Produktes eine oder mehrere Kategorien von ergonomischen Anforderungen zugeordnet werden konnte.

In Anlehnung an EN 13921 Persönliche Schutzausrüstung - Ergonomische

Grundsätze (2007), wurden die bekannten Kategorien erweitert und in einem Klassifikationssystem zusammen geführt (Pendzich 2009). Das Klassifikationssystem bildete die Basis für eine Literaturrecherche, in der Mindestanforderungen - dem „Stand der Technik“ entsprechend - an die zu prüfende Schutzkleidung gesammelt wurden.

### *2.3 Physiologische Untersuchungen*

Die Probanden werden in zwei definierten klimatischen Umgebungen und in typischer Ausrüstung belastet. Für das physiologische Versuchsdesign wurde eine mäßige Belastung von 160 W (Laufbandergometer) festgelegt. Die Belastungsdauer orientiert sich am zeitlichen Umfang eines Atemschutzeinsatzes und beträgt 25 Minuten. Die Untersuchung beschränkt sich auf zwei Klimate: Lufttemperatur 5 °C bei 50 % relativer Luftfeuchte sowie Lufttemperatur +50 °C bei 50 % relativer Luftfeuchte.

Während der Versuchsdurchführung werden verschiedene Messungen durchgeführt, die sowohl das klimatische Verhalten der Kleidung unter den vorgegebenen Belastungswerten dokumentieren, als auch der Überwachung der Probanden dienen:

- Temperatur auf der Hautoberfläche (Brust, Rücken, Oberarm, Unterarm, Oberschenkel, Unterschenkel, Kopf),
- Zwischenschichtenfeuchte im Anzuginneren (Brust, Rücken),
- Körperkerntemperatur (rektal),
- Herzschlagfrequenz,
- thermisches Empfinden.

Das physiologische Untersuchungsdesign greift aktuelle arbeitsmedizinische Erkenntnisse zur Arbeit in Hitze und Kälte auf. Abbruchkriterien für die Belastungsversuche wurden wie folgt festgelegt: maximale Körperkerntemperatur +38,5 °C, maximale Herzschlagfrequenz 200 Schläge/min abzüglich Probandenalter.

### *2.4 Gebrauchstauglichkeitstests*

Die Grundlage der Gebrauchstauglichkeitstests bildet der Nutzungskontext. Im Wesentlichen werden Bewegungsumfang und Aspekte des „alltäglichen“ Gebrauchs untersucht. Neben körperlich belastenden Aufgaben werden alltagsähnliche Szenarien abgebildet, die beispielsweise das An- und Ablegen des Schutzanzuges oder den Einsatz beim Leitersteigen, der Personenrettung o. ä. simulieren. Es stehen verschiedene Versuchsaufbauten in einem Parcours zur Verfügung, um den ermittelten Nutzungskontext nachzubilden, z. B. ein Versuchsstand zur Bewegungsbeurteilung bei Schaufelarbeit oder ein Kriechparcours vergleichbar einer Atemschutzstrecke.

Während der Simulationsversuche werden Bewegungsumfang sowie Bewegungseinschränkungen der Probanden erfasst. Dies erfolgt während typischer Arbeits- und Bewegungsaufgaben vorwiegend semiobjektiv mittels Befragung und Videoanalyse. Typische Szenarien umfassen Bewegungen wie Greifen über Kopf, Arbeiten in gebückter Haltung oder auf Knien oder auch Formen der Fortbewegung (Laufen, Kriechen, Seitenkriechgang oder Leitersteigen). Kopf- und Armbeweglichkeiten werden mittels digitalen Inklinometern, Drehwinkelmessungen und Bildanalyse bestimmt.

## **3. Ergebnisse**

Eine umfangreiche, detaillierte Spezifikation des Nutzungskontextes liegt bereits vor. Darauf aufbauend konnte ein umfassender Anforderungskatalog erstellt werden,



der sich sowohl auf das aktuelle Regelwerk als auch die vielschichtigen Erfahrungen der Nutzer stützt und für die Neukonfektionierung von Feuerwehr-Schutzkleidung genutzt werden kann.

An den untersuchten Referenzanzügen zeigen sich deutliche Unterschiede innerhalb der Testung in den ausgewählten Szenarien. Insbesondere sind Optimierungen bei der Konfektionierung sowie der Graduierung der angebotenen Kleidungsgrößen erforderlich. Hier zeigt sich, dass zwei relevante Körpermaße (Körperhöhe, Brustumfang) für die Nutzer vielfach nicht ausreichend sind, um einen entsprechenden Bewegungsumfang und eine hohe Gebrauchstauglichkeit zu garantieren. Auch die eingeschränkte Kombination mit weiteren Ausrüstungsgegenständen macht das Optimierungspotenzial von Schutzkleidung deutlich. Beispielsweise erwiesen sich die semipermeablen Anzüge mit Klimamembranen unter den vorgegeben klimatischen Bedingungen ebenso belastend wie permeable Systeme, da sich zwar ein langsamere Temperaturanstieg im Anzug zeigt, der jedoch mit einem stark beeinträchtigten Feuchtetransport verbunden ist.

Die Auswertungen der physiologischen Untersuchungen sind in Bearbeitung ebenso wie die der Gebrauchstauglichkeitstests. Erste Erkenntnisse fließen bereits in ein neues, optimiertes Anzugkonzept ein.

#### 4. Literatur

1. Bleyer, T., Windel, A., Müller-Arnecke, H., Adler, M., Herrmann, H.-J., Koldehoff, M., Meuser, V. & Scheuer, S. 2010, Ergonomie-Kompodium. Anwendung ergonomischer Regeln und Prüfung der Gebrauchstauglichkeit von Produkten. Dortmund: Eigenverlag BAuA.
2. Pendzich, M. 2009, Gebrauchstauglichkeit von Feuerwehrschrutzkleidung – Spezifikation und Analyse von Nutzungskontext und Anforderungskriterien, Diplomarbeit. Wuppertal: Bergische Universität Wuppertal.
3. Kampmann, B. 2000, Zur Physiologie der Arbeit in warmem Klima. Ergebnisse aus Laboruntersuchungen und aus Feldstudien im Steinkohlenbergbau, Habilitationsschrift. Wuppertal: Bergische Universität Wuppertal.
4. Griefahn, B., Künemund, C. & Bröde, P. 1999, Physiologische Beanspruchung durch Flammenschutzkleidung in standardisierten Übungen der Feuerwehr. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg.), Arbeitsschutz-Managementsysteme - Risiken oder Chancen?. Dortmund: GfA Press, S. 199-201.
5. Bachmann, U. 2007, Die persönliche Schutzausrüstung des Bundes. Bonn: BBK.
6. BGI/GUV-I 8675 2008, Auswahl von persönlicher Schutzausrüstung auf der Basis einer Gefährdungsbeurteilung für Einsätze bei deutschen Feuerwehren – Empfehlung zur Auswahl von Feuerwehr-Schutzausrüstung.



## Nachhaltige Effizienzsteigerung durch höhere Integration des Nutzers

Klaus BENGLER

*Lehrstuhl für Ergonomie, Technische Universität München,  
Boltzmannstraße 15, D-85747 Garching*

**Kurzfassung:** Usability als grundlegende Eigenschaft ist aus der Bewertung von Produkten und Interaktionskonzepten nicht mehr wegzu-denken. Wenn auch nicht immer auf dem gewünschten Niveau realisiert, treten nun bei der Gestaltung aktueller Konzepte zunehmend Fragestellungen der nachhaltig effizienten Nutzung und des „Joy of Use“ in den Vordergrund. Wobei anzumerken ist, dass gerade die Effizienz zu den „klassischen Anforderungen“ gezählt werden kann. Für eine Vielzahl von Applikationen stellt sich die Herausforderung, dass die Nutzer wiederkehrende Aufgaben über lange Zeiträume immer wieder möglichst ressourcenschonend bearbeiten. Entsprechende Beispiele finden sich unter dem Stichwort Rentabilität im Umfeld der Produktion, unter dem Stichwort Effizienz im Bereich der individuellen Mobilität. Die Liste lässt sich noch deutlich verlängern. Im Beitrag werden Ansätze diskutiert, die durch unterschiedliche Grade der Nutzerintegration versuchen, dieser Anforderung gerecht zu werden. In der konkreten Umsetzung werden häufig Mittel eingesetzt, die durch zusätzliche Informationen dem Nutzer Rückmeldung zum Nutzungsverhalten geben oder über geeignete gestalterische Mittel die User Experience erhöhen. In diesem Zusammenhang muss die Frage diskutiert werden, wie eine höhere Nutzerintegration durch zusätzliche Informationen im Sinn des Belastungs-Beanspruchungskonzepts zu bewerten ist.

**Schlüsselwörter:** Usability, Effizienz, Mensch-Maschine-Interaktion, Motivation.

### 1. Einleitung

Die Usability ist als Qualitätsmerkmal der Mensch-Maschine-Interaktion etabliert und scheinbar fest in den Produktentstehungsprozessen verankert. In der konsequenten Fortsetzung mehrten sich die Stimmen, dass neben den Aspekten der reinen Gebrauchstauglichkeit auch emotional/motivationale Faktoren eine erhebliche Rolle für die Effizienz der Mensch-Maschine-Interaktion spielen (Gotthartsleitner 2009). Begleitend dazu haben verschiedene Entwicklungen die Anforderungen verstärkt, Energie oder Zeit als Ressourcen sparsam einzusetzen bzw. nachhaltig mit Ressourcen des Unternehmens oder Nutzers umzugehen, um dadurch beispielsweise Wettbewerbsvorteile durch zeiteffizienten Werkzeuggebrauch zu erzielen. Somit kommt gerade der Effizienz als Bewertungsdimension eine immer größere Bedeutung zu. Der Nutzer soll also die gestellte Aufgabe im Sinne von Zink „richtig machen“ (Zink 2009). Aufwand und Ergebnis sollen in einem angemessenen bzw. in Zukunft besseren Verhältnis stehen.

In vielen Fällen wurde mangelnde Effizienz als Hinweis auf Defizite in der Gestal-

tung des entsprechenden Interaktionskonzeptes verstanden. Im klassischen Verständnis der Ergonomie wird dann die technische Lösung bestmöglich an die Voraussetzungen des Nutzers angepasst. Beispiele sind die Überarbeitung von Warn- und Menuekonzepten in Fahrzeugen, Bedienstrukturen an medizinischen Geräten oder Produktionsmitteln.

Mittlerweile stellt sich aber in manchen Fällen berechtigterweise die Frage, ob damit alle Handlungsmöglichkeiten ausgeschöpft sind oder ob ein erhebliches Potenzial der Verhaltensänderung seitens des Nutzers noch nicht gehoben wurde. Wir sprechen dann über die Steigerung der Effizienz mittels Motivation und Lernen des Nutzers. Dies würde dann wesentlich stärker auf die Änderung des individuellen Fahrstils oder die energie- und zeiteffiziente Nutzung von Geräten abzielen. Denn häufig wird eine effizientere Interaktion maßgeblich auch vom Nutzerverhalten abhängen und nur in zweiter Linie von der Gestaltung der MMI.

Im Bereich der Human-Computer-Interaction hat sich der Begriff des „persuasive computing“ etabliert, der darauf abzielt durch gezielte Information an den Nutzer Verhaltensänderungen zu motivieren. Beispiele hierfür sind Trainingseffekte im Bereich von Spielen, Kaufmotivationen bei Internetdiensten und Interaktionsverhalten bei mobilen Applikationen. Die genutzten Mechanismen bestehen hier vor allem in der gezielten Nutzerführung, Rückmeldung und Bewertung von Nutzeraktionen. Allerdings beschränkt sich dieser Ansatz bisher weitestgehend auf Applikationen, die nicht sicherheitskritisch sind. Gerade unter der Berücksichtigung betriebswirtschaftlicher Aspekte scheint es also sinnvoll die Expertise des Nutzers stärker zu berücksichtigen und durch den Einsatz eines motivierenden user interface ein effizienteres Gesamtsystem zu erreichen.

Es stellen sich also zwei Fragen:

- Können Mechanismen des persuasive computing für Anwendungen der individuellen Mobilität oder Produktion zur Steigerung der Effizienz des Gesamtsystems genutzt werden?
- Welche Maßnahmen sind zu ergreifen, um nachhaltig negativen Nebeneffekten vorzubeugen?

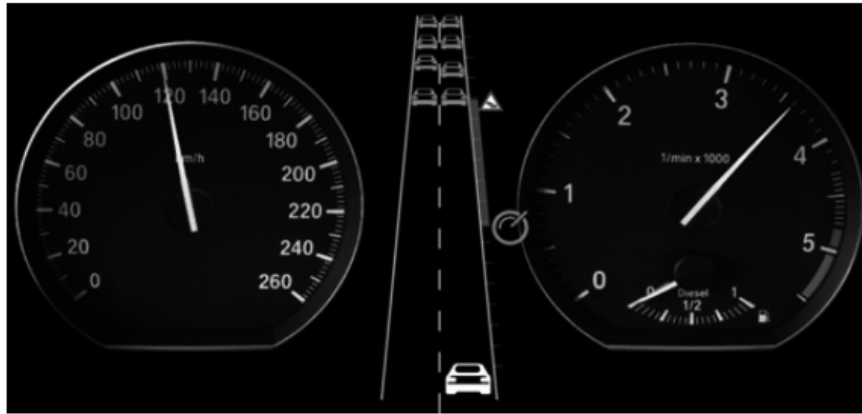
Sie würden damit weit über das Computerspiel hinausgehen und entsprechend die „Menschbezogene Stellschraube“ Leistungsbereitschaft (Landau 2009) positiv beeinflussen.

## 2. Beispiele für Realisierungen

Anhand verschiedener Beispiele aus dem Bereich der Fahrerassistenz sollen exemplarisch Maßnahmen diskutiert werden, die mittels gezielter Information den Nutzer zu einer zeit- und kosteneffizienten Fahrweise motivieren.

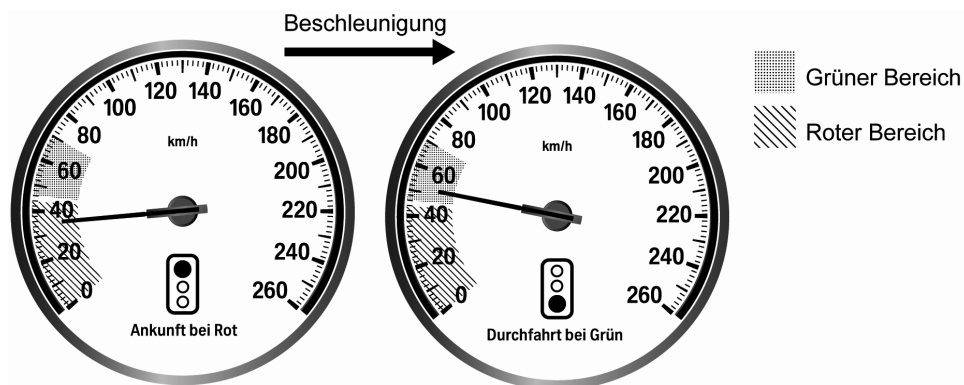
Gerade im Bereich der Fahrzeugführung verringern verschiedene Fahrfehler die Effizienz einer Fahrt. Hierzu zählen ineffizientes Beschleunigen und Schalten, zu wenig vorausschauendes Fahren und extreme Verzögerungen und Beschleunigungen. Um Abhilfe zu schaffen, kann im Mensch-Maschine-System nun zunächst automatisiert werden (Beispiel: Automatikgetriebe, Längsführungsassistenz). Allerdings werden damit häufig Komplexität und Kosten deutlich erhöht.

Der Beitrag von Popiv et al. (2009) beschreibt ein System, das allein durch geeignete Anzeige des weiteren Fahrtverlaufs, den Fahrer erfolgreich zu einer geänderten, weiter vorausschauenden Fahrweise motiviert.



**Abbildung 1:** Anzeige des zukünftigen Fahrtverlaufs (Popiv et al. 2009)

Einen ähnlichen Ansatz beschreiben Thoma et al. (2007, 2008) mit der Realisierung des Ampelassistenten, der über gezielte Präsentation des Umschaltzeitpunktes der Ampel das Geschwindigkeitsverhalten des Fahrers beeinflusst.



**Abbildung 2:** Anzeige des Ampelassistenten (Thoma et al. 2008)

Als drittes Beispiel wird das kontaktanaloge head-up-display (Israel 2010) angeführt, das mittels der Bremsweganzeige dem Fahrer eine angemessene Abstandswahl nahe legt. Jeder der Autoren kann sowohl positive Auswirkungen auf die Effizienz bei hoher Akzeptanz nachweisen. Die Effizienzsteigerungen des Gesamtsystems lassen sich mittels jeweils für die Studie objektiv messbarer Parameter beschreiben. So kommt es zu einer Verbrauchsreduktion in Überlandsituationen bis zu 30% (Popiv et al. 2010). Thoma et al. (2008) berichten eine signifikante Verbesserung des Beschleunigungs-Verzögerungsverlaufs während der Annäherung an die Ampel.

Darüber hinaus zeigen die Studien, dass durch die zusätzliche Information im Sinn der Belastung des Fahrers keine kritischen Ablenkungseffekte entstehen.

Anzumerken ist allerdings die Tatsache, dass im Fall der beschriebenen Funktionen, die Informationen dem Nutzer permanent und richtig angeboten wurden; d.h. es wurden keine Systemdefizite und Systemfehler dargestellt und untersucht.

### 3. Zusammenfassung

Die ausgewählten Studien zeigen am Beispiel der Fahrzeugführung, dass ähnlich dem persuasive computing die Präsentation von Zusatzinformationen dazu genutzt

werden kann, im Sinn eines motivational user interface (MUI) (hier) ein effizienteres Fahrerverhalten zu motivieren. Es ist bemerkenswert, dass die skizzierten Ansätze in der Tradition der Fahrerassistenz bereits in früherer Zeit diskutiert wurden (vgl. Reichart et al. 1998; Bubb 1975), allerdings jetzt aufgrund der technischen Entwicklung in Sensorik und Vernetzung in erreichbare Nähe gerückt sind. Es scheint also durchaus möglich zu sein durch gezielte Information den Nutzer – im Fall der Beispiele den Fahrer – zu einer positiv erlebten Verhaltensänderung und messbar effizienterem Verhalten bewegen zu können. Die von den Autoren berichtete Akzeptanz ist wohl damit zu erklären, dass die Verhaltensänderung von den Nutzern nicht als Zwang, sondern als Kompetenzgewinn erlebt wird. Somit scheint die gezielte Gestaltung eines MUI als vielversprechende Alternative zur Automatisierung durchaus sinnvoll. Allerdings lassen die bisherigen Studien offen, unter welchen Bedingungen die beschriebenen Effekte nachhaltig und langfristig wirksam bleiben.

Da der Beitrag sich auf das Feld der Fahrzeugführung konzentriert hat, ist es sinnvoll, ähnliche Betrachtungen für die Effizienz in Produktionsabläufen anzustellen, da hier vergleichbare Effekte zu erwarten sind.

#### 4. Literatur

1. Bubb, H. 1975, Untersuchung über die Anzeige des Bremsweges im Kraftfahrzeug, Dissertation. München: Technische Universität.
2. Fogg, B.J. 2003, Persuasive Technology. Using Computers to Change What We Think and Do. San Francisco USA: Morgan Kaufman.
3. Gotthartsleitner, H., Eberle, P. & Stary, C. 2009, Zur Verschränkung von User Experience und Usability Engineering: Merkmale, Prinzipien und Vorgehensmodelle, Zeitschrift für Arbeitswissenschaft, 63, 193-211.
4. Israel, B. & Bubb, H. 2010, Kontaktanaloge Anzeigen für ACC – im Zielkonflikt zwischen Stimulation und Ablenkung, eingereicht zur 4. Tagung Sicherheit durch Fahrerassistenz. München.
5. Landau, K. 2009, Produktivität im Betrieb – Eine Einführung. In: K. Landau (Hrsg.), Produktivität im Betrieb. Stuttgart: Ergonomia, S. 1-18.
6. Popiv, D., Rakic, M., Nestler, S., Bengler, K. & Bubb, H. 2009, Timing concept for assistance of anticipatory driving. In: Proceedings of the 17th World Congress on Ergonomics IEA, Beijing, China, August 2009.
7. Popiv, D., Rommerskirchen, C., Rakic, M., Duschl, M. & Bengler, K. 2010, Effects of assistance of anticipatory driving on driver's behaviour during deceleration phases, eingereicht zur European Conference on Human Centered Design for Intelligent Transport Systems 29.-30.04.2010. Berlin.
8. Reichart, G., Friedmann, S., Dorrer, C. & Rieker, H. 1998, Potentials of BMW Driver Assistance to Improve Fuel Economy. In: Proceedings of International Federation of Automotive Engineering Societies World Congress. Paris.
9. Thoma, S., Lindberg, T. & Klinker, G. 2008, Speed Recommendation During Traffic Light Approach: A Comparison of Different Display Concepts. In: D. de Waard, F.O. Flemisch, B. Lorenz, H. Oberheid & K.A. Brookhuis (Eds.), Human Factors for assistance and automation. Maastricht: Shaker Publishing, S. 63 - 73.
10. Thoma, S., Lindberg, T. & Klinker, G. 2008, Gestaltung Von Geschwindigkeitsempfehlungen während der Annäherung an eine Ampel. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg.), Produkt- und Produktions-Ergonomie – Aufgabe für Entwickler und Planer. Dortmund: GfA Press, S. 133-136.

# Verständnis von Usability im internationalen Kontext

Sinja RÖBIG, Muriel DIDIER und Ralph BRUDER

*Institut für Arbeitswissenschaft, Technische Universität Darmstadt,  
Petersenstraße 30, D-64287 Darmstadt*

**Kurzfassung:** Zur Klärung des unterschiedlichen Verständnisses des Begriffes Usability im internationalen Kontext wurde am Institut für Arbeitswissenschaft der TU Darmstadt ein Workshop mit Experten aus sechs Ländern durchgeführt. In dem Workshop wurden die Unterschiede im Verständnis des Begriffes Usability verglichen, die Abgrenzung zur Ergonomie oder zum Ansatz der User Experience diskutiert, sowie die Methodenanwendung im Bereich der Usability Forschung besprochen.

**Schlüsselwörter:** Internationale Usability, Ergonomie, User Experience.

## 1. Einleitung

Für die Gestaltung der Interaktion von Menschen mit Maschinen gewinnt die Betrachtung der Usability zunehmend an Bedeutung. Der Begriff Usability wird national und auch international verwendet, um die Qualität der Interaktion zwischen Mensch und Maschine zu beschreiben. Häufig werden jedoch auf nationaler Ebene entsprechend übersetzte Begriffe dieses englischen Wortes benutzt, so im Deutschen beispielsweise der Begriff „Gebrauchstauglichkeit“.

Im internationalen Kontext hat sich zwar die Verwendung des Begriffes „Usability“ durchgesetzt, es stellt sich allerdings die Frage, ob mit einer einheitlichen Verwendung eines Begriffes auch immer ein einheitliches Verständnis der Begriffsbedeutung verbunden ist. Mit einem eventuell unterschiedlichen Verständnis des Usabilitybegriffes verbunden ist auch die Frage, ob jeweils unterschiedliche Methoden in Usabilitystudien zum Einsatz kommen. Schließlich ist von Interesse, welche Produkte in den unterschiedlichen Ländern Gegenstand von Usabilitystudien sind.

Die genannten Fragen sind Gegenstand eines Forschungsprojektes, das derzeit vom Institut für Arbeitswissenschaft (IAD) der Technischen Universität Darmstadt im Auftrag der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) durchgeführt wird.

Zunächst wurde innerhalb des Projektes eine ausführliche Literaturrecherche zur Verwendung des Begriffes Usability in unterschiedlichen Ländern und unterschiedlichen Kontexten durchgeführt.

Hierbei fiel auf, dass sich viele Quellen auf die Definition der Usability gemäß DIN EN ISO 9241 Teil 11 beziehen. Diese definiert Usability als das Ausmaß, mit dem bei einem Produkt bei bestimmten Benutzergruppen in einem bestimmten Nutzungskontext spezifizierte Ziele effizient, effektiv und zufriedenstellend verwirklicht werden.

Trotz dieser identischen Bezugsquelle war aber auch auffallend, dass sich die betrachteten Usabilitystudien hinsichtlich der eingesetzten Methoden und des Untersuchungskontextes in einzelnen Ländern unterschieden.

Um das Verständnis der Usability auf der internationalen Ebene besser zu erfassen, und weitere eingesetzte Definitionen, Normen Richtlinien bzw. Methoden zu erfassen, wurde am IAD ein Workshop mit 15 Experten aus sechs Ländern durchge-



führt. Im vorliegenden Beitrag werden die Ergebnisse des Workshops vorgestellt.

## **2. Vorgehen**

### *2.1 Teilnehmer des Workshops*

An dem Workshop nahmen 15 Teilnehmer aus Deutschland, Dänemark, Norwegen, Spanien, Schweiz und Frankreich teil. Es handelte sich hierbei um Experten aus der Usabilityforschung bzw. professionelle Anwender von Usabilitymethoden. Es wurde besonders darauf Wert gelegt, dass die Experten ein breites Spektrum an Methoden und Definitionen abdecken und in unterschiedlichen Schwerpunkten tätig sind (z.B. Software-Usability).

Neben den internationalen Workshopteilnehmern gab es auch deutsche Teilnehmer, welche Usabilitystudien im internationalen Kontext durchführen. Somit konnten Erfahrungen aus weiteren Ländern mit erfasst werden, ohne dass Usabilityexperten aus diesen anwesend waren.

### *2.2 Ablauf des Workshops*

Der Workshop fand an der TU Darmstadt statt. Zeitlich umfasste er insgesamt zwei Tage. Insgesamt wurde er durch sieben Leitfragen begleitet. Diese umfassten das Verständnis des Zusammenhangs zwischen Usability und Ergonomie, die Definition des Begriffes Usability sowie die Kriterien anhand derer Usability untersucht wird. Weiterhin wurde nach Methoden gefragt, welche bei der Untersuchung der Usability von Produkten eingesetzt werden.

Die ersten zwei Leitfragen, zur Definition der Usability und zur Beschreibung der Zusammenhänge zwischen Usability, Ergonomie und User Experience, wurden von jedem Teilnehmer eigenständig beantwortet und anschließend vorgestellt und diskutiert. Die weiterführenden Fragen wurden direkt in Gruppen diskutiert und dokumentiert.

## **3. Ergebnisse**

### *3.1 Definitionen von Usability*

Zu Beginn des Workshops wurden die Teilnehmer gebeten ihre eigene Definition von Usability zu notieren. Dabei ergaben sich Unterschiede, die allerdings nicht nur auf unterschiedliche Landeszugehörigkeit zurückzuführen sind, sondern sich gerade auch intrakulturell zeigten. Aus diesem Grund wird bei der Erläuterung der Definition nicht weiter auf die Nationalität der Person eingegangen, welche die jeweilige Definition aufgestellt hat.

Allgemein ist zur Definition der Usability zu sagen, dass, obwohl es sich um internationale Experten handelte, diese zumeist an der bereits erwähnten DIN EN ISO 9241 festgemacht wurde. So tauchten in der Hälfte der Definitionen die Schlagworte Effektivität, Effizienz und Zufriedenheit auf. Ebenfalls auffällig oft tauchte der Begriff „Nutzerfreundliches Design“ auf. Auch beinhalteten die Definitionen in mehreren Fällen die Anmerkung, dass die Produkte an die Wünsche des Nutzers angepasst werden sollen und dass dessen Wünsche bei der Gestaltung eines Produktes berücksich-



tigt werden sollen. Es stellt sich hierbei jedoch die Frage, ob dies eigene Punkte sind, welche die Usability eines Produktes beschreiben oder nur Bedingungen welche erfüllt sein müssen, um beim Nutzer die Zufriedenheit zu steigern.

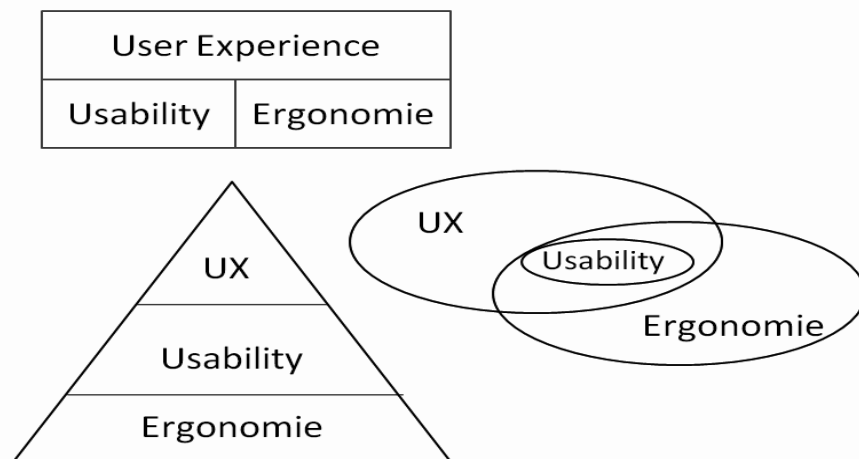
Neben den Definitionen nach der DIN EN ISO 9241 wurde auch eine weitere Definition angebracht, welche speziell den kulturellen Hintergrund der Usability beinhaltet. Die Usability wurde definiert als der Grad, in welchem das Interaktionsdesign dem lokalen Nutzermodell entspricht. (Clemmenson 2009)

All diese Definitionen zeigen, dass die Usability zwar meist an den klassischen Kriterien der DIN EN ISO 9241 festgemacht wird, dass diese jedoch nach Meinung vieler Experten nicht vollständig sind. Insbesondere wird der kulturelle Einfluss auf die Usability durch diese Definition nicht abgedeckt. Dies weist darauf hin, dass eine Überarbeitung und Erweiterung der bestehenden Normen nötig ist.

### 3.2 Zusammenhang zwischen Usability, Ergonomie und User Experience

Die Abgrenzung zwischen Usability, Ergonomie und User Experience ist auch für Experten aus den jeweiligen Bereichen nicht leicht durchzuführen. In dem von der BAuA entwickelten „Kompendium zur Prüfung der ergonomischen Qualität und Gebrauchstauglichkeit von Produkten“ (Adler et al. 2008), wurde der Versuch unternommen, Ergonomie und Gebrauchstauglichkeit bei der Produktuntersuchung zu verbinden. Dies ist einer der wenigen Ansätze, eine Verbindung zwischen den Disziplinen Usability und Ergonomie herzustellen.

Um sich ein Bild davon zu machen, welche Vorstellung die Teilnehmer des Workshops hinsichtlich des disziplinären Zusammenhangs haben, wurden sie gebeten, ihr jeweiliges Verständnis der Beziehung zwischen Ergonomie, Usability und User Experience grafisch darzustellen. Eine Auswahl der dabei entstandenen Zeichnungen ist in Abbildung 1 aufgeführt.



**Abbildung 1:** Beispiele von Zusammenhängen zwischen Usability, Ergonomie und User Experience

Einer der Teilnehmer sah beispielsweise Usability und Ergonomie als Fundament für User Experience. Usability und Ergonomie wurden hierbei jedoch auf einer Ebene angesehen (vgl. Abbildung 1).

Ein weiterer Teilnehmer sah die drei Begriffe auf unterschiedlichen Ebenen einer Pyramide (vgl. Abbildung 1). Die Basis der Pyramide bildete die Ergonomie. Erst wenn diese erfüllt ist schließt sich die Usability. Die Spitze der Pyramide bildet die

User Experience (UX).

Ebenso gab es Darstellungen in Form von sich überlappenden Kreisen in verschiedensten Formen (vgl. Abbildung 1). Hier war einer der Teilnehmer der Meinung, dass sich User Experience und Ergonomie nicht vollständig voneinander getrennt betrachten lassen können. Sie überschneiden sich in einigen Punkten. In dieser Schnittmenge liegt die Usability.

#### 4. Ausblick

Als wesentliches Ergebnis des Workshops konnte festgehalten werden, dass es noch deutliche Unterschiede darin gibt, was unter Usability verstanden wird. Dies ist jedoch nicht nur ein interkulturelles, sondern auch ein intrakulturelles Problem, das sich beispielsweise aus den unterschiedlichen Anwendungsgebieten für Usabilitystudien oder den unterschiedlichen disziplinären Herkunft von Usabilityexperten ergibt. Aus diesem Grunde ist eine weitere Zusammenarbeit im intrakulturellen und interkulturellen Rahmen an dieser Thematik in jedem Falle sinnvoll.

Es zeigte sich, dass jedoch nicht nur an den Definitionen und dem Verständnis von Usability gearbeitet werden muss, um einen möglichst einheitlichen Konsens zu schaffen. Auch wurde deutlich, dass der Wunsch nach Normen oder Richtlinien besteht, die Usabilityexperten insbesondere bei internationalen Studien unterstützen. Diese bezieht sich beispielsweise auf die Auswahl geeigneter Methoden, um „einheitliche“ Untersuchungen durchzuführen zu können, so dass die Ergebnisse international vergleichbar sind.

Da es bekannt ist, dass einige Methoden sich aus kulturellen Rahmenbedingungen heraus nicht in allen Ländern oder nur erschwert anwenden lassen, wurde auch der Wunsch nach der Schaffung neuer Methoden geäußert, welche international einheitlich angewendet werden können.

#### 5. Literatur

1. Adler, M., Herrmann, H.-J., Koldehoff, M., Meuser, V., Scheuer, S., Müller-Arnecke, H., Windel, A. & Bleyer, T. 2008, Kompendium zur Prüfung der ergonomischen Qualität und Gebrauchstauglichkeit von Produkten. Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin.
2. Clemmensen, T. 2009, Towards a theory of cultural usability: A comparison of ADA and CMU theory. HCI International 2009 – Human Computer Interaction, San Diego. Berlin: Springer Verlag.
3. DIN EN ISO 9241 Teil11 1998, Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs) – Part 11: Guidance on usability. Beuth: Berlin

# Entwicklung und Überprüfung eines Prototyps eines Instrumentes zur Beurteilung und Optimierung des Gestaltungszustandes von Alarmsystemen – Ergebnisse einer Machbarkeitsstudie –

Martina BOCKELMANN<sup>1</sup>, Martin SCHÜTTE<sup>2</sup> und Friedhelm NACHREINER<sup>1</sup>

<sup>1</sup> GAWO e.V., Achterdiek 50, D-26131 Oldenburg

<sup>2</sup> Leibniz-Institut für Arbeitsforschung, Ardeystr. 67, D-44139 Dortmund

**Kurzfassung:** Gestaltung und Management von Alarmen in Prozessleitsystemen weisen aus ergonomischer Sicht z.T. erhebliche Mängel mit potentiell aversiven Konsequenzen für die Beschäftigten, die Anlagen und ihre Umwelt auf. Aus diesem Grunde wurde ein rechnergestütztes Instrument zur Überprüfung des Gestaltungszustandes von Alarmsystemen entwickelt und überprüft. Die Ergebnisse belegen die Machbarkeit der Entwicklung einer anwendungsreifen Version.

**Schlüsselwörter:** Alarmsystem, Alarmmanagement, Prozessführung.

## 1. Einleitung

Arbeitgeber sind nach dem ArbSchG verpflichtet, Gefährdungsbeurteilungen durchzuführen und per Verordnungen (z. B. der BildscharbV) gehalten, die aus der Tätigkeit an Bildschirmgeräten resultierende physische und psychische Belastung zu ermitteln sowie die sich unter Umständen ergebenden erforderlichen Maßnahmen des Arbeits- und Gesundheitsschutzes festzulegen, umzusetzen und deren Wirksamkeit zu überprüfen. Darüber hinaus sind Betreiber störfallrelevanter Anlagen gemäß der Störfall-Verordnung (12. BImSchV) dazu verpflichtet, alle notwendigen Maßnahmen zur Vermeidung von Fehlbedienungen bzw. zur Erhöhung der Bediensicherheit zu treffen.

Arbeitsplätze in der Prozessführung bzw. zur Ausübung von zentralisierten Überwachungs-, Kontroll- und Steuerungstätigkeiten stehen hierbei unter besonderer Beachtung. Für ein sicheres und effizientes Betreiben von verfahrenstechnischen Anlagen ist u.a. ein nach ergonomischen Gesichtspunkten gestaltetes Alarmsystem und Alarmmanagement von entscheidender Bedeutung: So kam es in den letzten Jahren in der Prozessindustrie immer wieder zu kritischen Ereignissen mit zum Teil ernsthaften Konsequenzen für die direkt Betroffenen und die Umwelt, deren Ursachen u.a. in einer defizitären Gestaltung des Alarmsystems und eines unzureichenden Alarmmanagements zu suchen waren (vgl. Health and Safety Executive 1994, 2000; U.S. Chemical Safety and Hazard Investigation Board 2005).

Infolge derartiger Ereignisse sind sowohl international als auch national Leitfäden mit Empfehlungen für die Gestaltung von Alarmsystemen entstanden (z.B. EEMUA 191:1999, NA 102), um die mit der Gestaltung von Alarmsystemen verbundenen Gefährdungen zu minimieren. Die in den entsprechenden Leitfäden implizit und explizit enthaltenen Empfehlungen bleiben jedoch oftmals zu undifferenziert, als dass sie eine einfache Anwendung und Überprüfung in der betrieblichen Praxis erlaubten.

Aus diesem Grunde wurde im Rahmen einer Machbarkeitsstudie ein Prototyp eines möglichst einfach anwendbaren Verfahrens zur Beurteilung des Gestaltungszustandes von Alarmsystemen und des Alarmmanagements unter Berücksichtigung

arbeitspsychologischer/ergonomischer Aspekte entwickelt und empirisch überprüft.

## 2. Methode

Aufbauend auf verschiedenen Quellen, wie z.B. Leitfäden und normativen Vorgaben, wurden die wesentlichen Anforderungen und Empfehlungen für eine ergonomische Gestaltung von Alarmsystemen gesammelt, in einfach anwendbare Bewertungskriterien umgesetzt und überprüfbar gemacht. In der hier entwickelten Checkliste bilden 149 Beurteilungsmerkmale, geschachtelt unter sieben Themenbereiche, das Untersuchungsinstrument, bei dem überwiegend Befragungs- und Beobachtungsmethoden zum Einsatz kommen, die in einigen Fällen durch Hörproben bzw. Schallimmissionsmessung sowie durch Sichtprüfungen von Dokumenten und Unterlagen ergänzt werden.

Bei der vorliegenden Merkmalsliste handelt es sich um eine rechnergestützte Version des Verfahrens. Dies ermöglichte es, Sprungfunktionen einzubauen, um so – je nach Beantwortung von Filterfragen – dem Beurteiler nur die Beurteilungsmerkmale darzubieten, die für das jeweils zu beurteilende Alarmsystem relevant sind, was hilft, den Analyseaufwand zu reduzieren. Darüber hinaus erlaubte diese Version der Checkliste, einen unmittelbaren Import der Messwerte in Statistikprogramme.

Die Beurteilung der Merkmale erfolgte anhand einer 3-stufigen (Ampel-)Skala, die folgende Abstufungen ermöglicht: Grün = sehr guter Gestaltungszustand, Gelb = grundsätzlich in Ordnung, aber verbesserungswürdig und Rot = mangelhafter Gestaltungszustand.

Zur Überprüfung des vorliegenden Prototyps fanden Untersuchungen in drei Unternehmen der chemischen Industrie aus unterschiedlichen Produktionsbereichen statt, wobei insgesamt die Gestaltungsgüte der Alarmsysteme von sieben Prozessleitsystemen unterschiedlicher Hersteller und unterschiedlichen Alters beurteilt wurden.

Zur Erprobung des Beurteilungsverfahrens wurden diese Alarmsysteme (inkl. des Alarmmanagements) jeweils von zwei bis drei arbeitspsychologisch/ergonomisch vorgebildeten Personen und zwei betrieblichen Experten der kooperierenden Unternehmen beurteilt. Dadurch ließ sich die Handhabbarkeit des Verfahrens durch Anwender mit divergentem Ausbildungs- und Wissensstand prüfen. So konnte neben der Überprüfung von (individuellen) Beurteilereffekten auch die Überprüfung von Statureffekten (Psychologen versus Betriebspraktiker) vorgenommen werden.

Neben einer ersten deskriptiven Analyse der Beobachtungswerte und Bestimmung der Beurteilerübereinstimmung erfolgte eine an der Generalisierbarkeitstheorie orientierte Analyse der Daten, um einen genauen Einblick in die Datenstruktur zu erhalten.

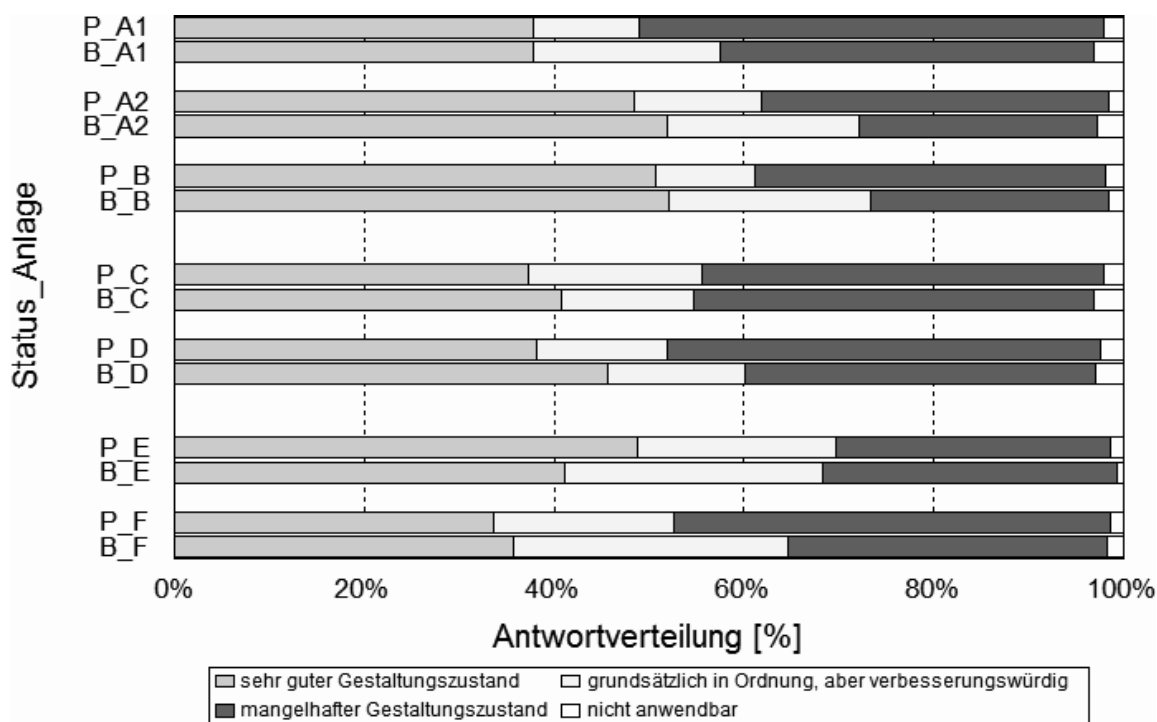
## 3. Ergebnisse

Die erzielten Ergebnisse deuten darauf hin, dass – zunächst unabhängig von der Frage der Beurteilerübereinstimmung – aus arbeitspsychologischer/ergonomischer Sicht die Alarmsysteme und das Alarmmanagement erhebliche Gestaltungsdefizite aufweisen und sich die untersuchten Anlagen (A1 – F) hinsichtlich der Gestaltungsgüte ihrer Alarmsysteme unterscheiden (vgl. Abbildung 1). Mit Hilfe des vorliegenden Prototyps lassen sich damit offensichtlich bereits Unterschiede im Gestaltungszustand erfassen und abbilden, sowie diagnostisch relevante Aussagen, die zur Ver-

besserung der Alarmsysteme genutzt werden können, bzw. dringende Handlungsnotwendigkeiten ableiten. Schwerpunkte bezüglich defizitärer Gestaltungsmerkmale lassen sich dabei vor allem in den Bereichen „Priorisierung von Alarmen“ sowie „Training im Umgang mit Alarmen“ ausmachen. Letzteres fand bei keinem der untersuchten Prozessleitsysteme statt.

Die detaillierten Ergebnisse (hier nicht dargestellt) zeigen allerdings auch, dass die Entwickler und Hersteller von Hard- und Software nur die technische Grundvoraussetzungen schaffen können, im Hinblick auf ein effektives Alarmsystem und Alarmmanagement aber auch betreiberspezifische Merkmale (= Gestaltung/Anpassung und Betrieb solcher Systeme) von herausragender Bedeutung sind.

Bereits auf der deskriptiven Ebene lassen sich auch Beurteiler- und Statureffekte erkennen. Wie Abbildung 1 entnommen werden kann, beurteilen die Arbeitspsychologen (P) im Vergleich zu den Betriebspraktikern (B) die Alarmsysteme tendenziell strenger. Die Beurteilungsmerkmale werden von den psychologischen Experten nicht so häufig mit Grün (= sehr guter Gestaltungszustand) deklariert. Auch tendieren die arbeitspsychologisch ausgebildeten Beurteiler eher dazu, einen Gestaltungsaspekt als mangelhaft (= Rot) einzustufen. Lediglich in der Anlage E scheinen sie ein milderes Gesamturteil als die betrieblichen Beurteiler zu fällen.



**Abbildung 1:** Relative Häufigkeiten der Antwortkategorien je Anlage in Abhängigkeit vom Beurteilerstatus

Die bei der Auswertung der relativen Antworthäufigkeiten erkennbar gewordenen Tendenzen – deutliche Abweichungen zwischen den Bewertungen einzelner Beurteiler – wurden bei der Berechnung der Beurteilerübereinstimmung ( $\kappa$  bzw.  $\kappa_w$ -Koeffizienten) statistisch bestätigt.

Auch die an der Generalisierungstheorie orientierten Analysen legen systematische Beurteiler- und Statureffekte nahe. Die Ergebnisse sprechen für systematische Unterschiede in der Anwendung bestimmter Beurteilungsmerkmale durch einzelne Beurteiler und Beurteilergruppen. Mit anderen Worten: Einzelne Beurteiler bzw. Be-

urteilergruppen vergeben bei bestimmten Items systematisch höhere oder niedrige Werte. Sie urteilen bei diesen Beurteilungsmerkmalen gewissermaßen auf (individuell oder statusspezifisch) unterschiedlichen Niveaus.

Die vorliegenden Ergebnisse lassen jedoch Ansatzpunkte erkennen, um Verbesserungen an der Checkliste selbst und an der Vorgehensweise vornehmen zu können, um Beurteiler- und Statuseffekte zu minimieren bzw. zu eliminieren, so dass die Entwicklung einer reliablen, validen, sensitiven und diagnostisch aussagefähigen Checkliste, die Aussagen über die Qualität und Gestaltungsdefizite von (geplanten und sich im Betrieb befindenden) Alarmsystemen erlaubt, durchaus machbar erscheint.

#### 4. Diskussion und Schlussfolgerungen

Insgesamt kann davon ausgegangen werden, dass sich der erforderliche Aufwand, um den vorliegenden Prototypen zur Anwendungsreife zu bringen, durchaus lohnen dürfte. Wie die bisherigen Erfahrungen zeigen, hat sich insbesondere die rechner- bzw. serverbasierte Umsetzung der Checkliste als erfolgreich erwiesen, weil die Beurteiler damit gut geführt werden können und ihnen mit einem weiteren Ausbau der Hilfefunktion Erläuterungen zu einzelnen Items sowie weitere Beurteilungsbeispiele geboten werden können, die Status- und individuelle Beurteilungsfehler reduzieren helfen sollten. Darüber hinaus sollten sich so auch Konsistenzprüfungen einbauen lassen, die zu einer weiteren Verringerung von Beurteilungsfehlern führen sollte.

Wie die bisherigen Erfahrungen in den teilnehmenden Unternehmen zeigen, besteht dort ein großes Interesse an der Weiterentwicklung der Checkliste und einer allgemeinen Verfügbarkeit. Bereits die Anwendung und insbesondere die Ergebnispräsentation haben dazu geführt, sich dort noch einmal kritisch und gezielt mit der Gestaltung und Handhabung der eigenen Alarmsysteme auseinanderzusetzen.

Die bisherigen Ergebnisse wecken damit die Hoffnung, dass über die Verfügbarkeit eines anwendungsreifen Verfahrens erhebliche Fortschritte in Richtung auf effektivere und effizientere Alarmsysteme, und damit sicherere Anlagen erzielt werden können.

#### 5. Literatur

1. Bockelmann, M. 2009, Entwicklung und Überprüfung eines Prototyps eines Instrumentes zur Beurteilung und Optimierung des Gestaltungszustandes von Alarmsystemen – eine Machbarkeitsstudie, unveröffentlichte Diplomarbeit. Oldenburg: Carl von Ossietzky Universität Oldenburg.
2. EEMUA 191:1999, Alarm Systems: A Guide to Design, Management and Procurement. London: Engineering Equipment and Materials Users Association.
3. Health and Safety Executive 1994, The explosion and fires at the Texaco Refinery, Milford Haven. 24th July 1994. Im Internet verfügbar unter: <http://www.hse.gov.uk/comah/sragtech/casetexaco94.htm> (15. Juni 2009).
4. Health and Safety Executive 2000, Chemical Sheet No. 6: Better alarm handling. Im Internet verfügbar unter: <http://www.hse.gov.uk/pubns/chis6.pdf> (21. Dezember 2007).
5. NA 102 2008, Alarmmanagement. Leverkusen: NAMUR.
6. U.S. Chemical Safety and Hazard Investigation Board 2005, Investigation Report: Refinery Explosion and Fire (15 Killed, 180 Injured). BP, Texas City, Texas, March 23, 2005, Report No. 2005-04-I-TX, March 2007. Im Internet verfügbar unter: <http://www.csb.gov/assets/document/CSBFinalReportBP.pdf> (03. Dezember 2008).



# Usability-Evaluation und Optimierung einer Präventionssoftware zum Erstellen von Lastverteilungsplänen für straßengebundene Nutzfahrzeuge

Claus BACKHAUS, Karl-Heinz JUBT, Michael MÖTJE und Christian FELTEN

*Berufsgenossenschaft für Transport und Verkehrswirtschaft,  
Ottenser Hauptstr. 54, D-22765 Hamburg*

**Kurzfassung:** Die BG Verkehr hat eine Präventionssoftware zum Berechnen von Lastverteilungsplänen entwickelt. Im Rahmen einer Produktüberarbeitung werden Informationen zur Anwendung erhoben und die Bedienbarkeit und Anwenderakzeptanz durch Maßnahmen des Usability-Engineering verbessert. Die Software wird überwiegend zu Schulungszwecken eingesetzt. In einem Re-Design konnte trotz deutlich gestiegenem Funktionsumfang beim Benutzererstkontakt die Bedienbarkeit um 18% und die Anwenderakzeptanz um 28% gesteigert werden. Die Studie belegt die Notwendigkeit einer frühzeitigen und ausführlichen Analyse des Nutzungskontext und einer benutzerzentrierten Produktentwicklung.

**Schlüsselwörter:** Usability-Engineering, Prävention, Lastverteilungsplan, Ladungssicherung.

## 1. Einleitung

Die Berufsgenossenschaft für Transport und Verkehrswirtschaft (BG Verkehr) ist Träger der gesetzlichen Unfallversicherung für gewerblich organisierte Unternehmen im Bereich des Güter- und Personenverkehrs. Für den sicheren Transport von Gütern mit straßengebundenen Nutzfahrzeugen ist die richtige Ladungssicherung und das damit verbundene Einhalten der angegebenen Achs-, Stütz- und Sattelasten der Fahrzeuge von besonderer Bedeutung. Nach Untersuchungen der Deutschen Versicherungswirtschaft ist bei vier von zehn Transportfahrzeugen die Ladung so mangelhaft gesichert, dass sich hierdurch eine Gefährdung für andere Verkehrsteilnehmer ergibt (Großmann & Schmidt 2005). Trotz einer durchschnittlichen Gewichtsauslastung der Fahrzeuge von lediglich 60% im Fern- und 70% im Nahverkehr (DSLIV 2005) ist es möglich, durch eine ungünstige Positionierung des Ladegutes auf der Ladefläche die angegebenen Lastbereiche zu über- bzw. zu unterschreiten.

Zur Prävention von Unfällen, die durch eine Fehlbeladung von Fahrzeugen entstehen, hat die BG Verkehr eine Software zur Berechnung von Lastverteilungsplänen nach VDI 2700 (2008) entwickelt, mit der die korrekte Position der Ladung auf der Ladefläche ermittelt werden kann.

Im Rahmen einer Produktüberarbeitung werden Informationen zur Produktanwendung erhoben und die Bedienbarkeit und Anwenderakzeptanz der Software durch Maßnahmen des Usability-Engineering verbessert.

## **2. Methode**

### *2.1 Anwendungskontext*

Aus vorliegenden Vertriebsdaten werden die Branchenverteilung und die abgeforderte Menge je Branche ermittelt, um Informationen über den typischen Einsatz der Software zu erhalten. Eine Telefonbefragung für die anvisierte Zielgruppe „Spedition, Logistik und Transport“ erhebt detaillierte Informationen zum Einsatz und zur Anwendung der Präventionssoftware.

### *2.2 Defizitanalyse*

Ein Benutzertest mit unerfahrenen Erstanwendern ( $n=10$ ) liefert Aufschluss über potenzielle Bediendefizite beim Bearbeiten der Aufgaben „Lastenverteilungsplan erstellen“ und „Beladungsplan erstellen“. Zum Bewerten der Ausführung der Teilhandlungen wird ein Drei-Stufen-Bewertungsverfahren (Ampelschema) eingesetzt (Backhaus 2009). Ergänzend zum Benutzertest wird mit Hilfe der System-Usability-Scale (Brooke 1996) der prozentuale Zustimmungsgrad zu vorgegebenen Aussagen zur Bedienbarkeit (10 Items) auf einer fünfstufigen Likert-Skala erfasst.

### *2.3 Re-Design*

Aus den ermittelten Bediendefiziten und den Ergebnissen der Anwenderbefragung werden Gestaltungsmaßnahmen abgeleitet und bei der Überarbeitung der Präventionssoftware berücksichtigt.

### *2.4 Validierung*

Durch einen erneuten Benutzertest und eine erneute Befragung zur Anwenderakzeptanz werden die umgesetzten Gestaltungsmaßnahmen validiert und das Ausmaß der Optimierung quantifiziert.

## **3. Ergebnis**

### *3.1 Anwendungskontext*

Zur Auswertung kamen 849 Versanddaten (Unternehmen oder Privatpersonen), die insgesamt 1726 Stck. der Software bestellt haben. Der Anteil der beabsichtigten Zielgruppe der Branche „Spedition, Logistik und Transport“ beträgt 23%. Von dieser Branche werden 14% der vertriebenen Gesamtmenge bestellt. Mindestens 26% der Kunden können dem Bereich „Schulung und Ausbildung“ zugeordnet werden und bilden damit die größte Anwendergruppe. Insgesamt 35% der bestellten Gesamtmenge werden von anderen Unfallversicherungsträgern bestellt.

Von 116 Telefoninterviews konnten bei 29 Gesprächspartnern detaillierte Informationen zur Bedienbarkeit der Software erhoben werden.

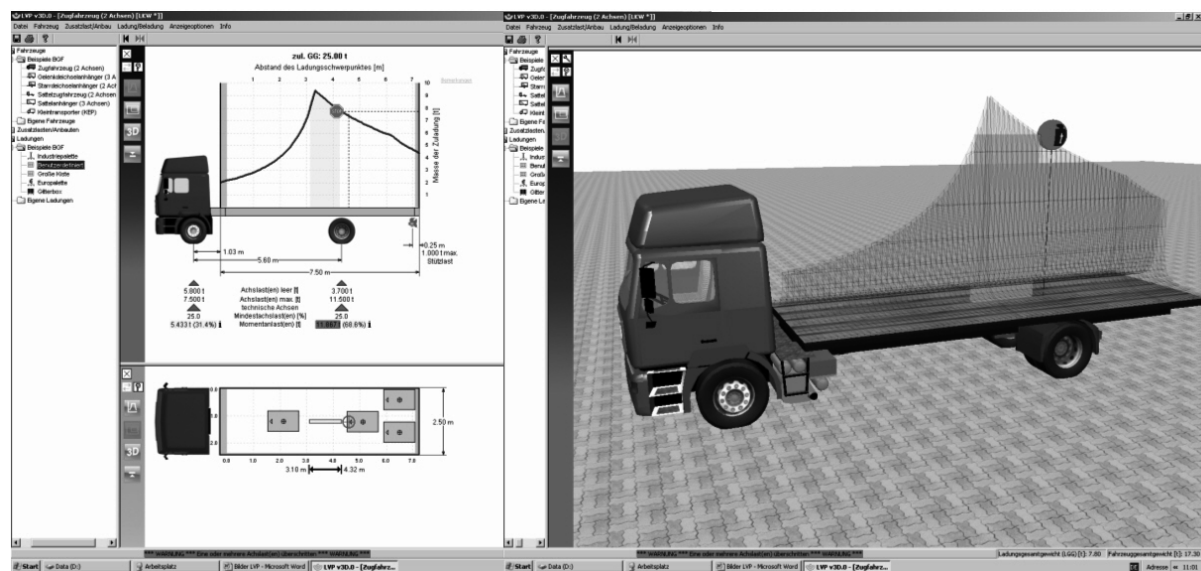
### *3.2 Defizitanalyse*

Von 71 Teilhandlungsschritten der Aufgaben „Lastverteilungsplan erstellen“ und

Beladungsplan erstellen“ wurden im Mittel 58% positiv bzw. gut, 13% kritisch und 29% schlecht bzw. ungenügend in ihrer Ausführung bewertet. Die Befragung zur Benutzerakzeptanz ergab einen mittleren Zustimmungsgrad von 38%.

### 3.3 Re-Design

Als Gestaltungsmaßnahmen wurden u. a. die Funktionsauswahl und Dateneingabe verbessert, Zwangsabfolgen in der Dateneingabe eliminiert und die Zahl der erforderlichen Bedienschritte reduziert. Die Gestaltung der überarbeiteten grafischen Benutzeroberfläche wurde stärker an bekannte Konventionen gängiger Office-Softwareprogramme angepasst (vgl. Abbildung 1). Um den gestiegenen Bedienanforderungen durch die erweiterte Funktionalität (z. B. dreidimensionale Darstellung der Lastverteilungskurven, Darstellung zusätzlicher Parameter etc.) gerecht zu werden, wurde eine Kurzbedienungsanleitung erstellt, die zukünftig mit dem Programm vertrieben wird.



**Abbildung 1:** Fenster zur Eingabe von Fahrzeugdaten und zum Erstellen eines Beladungsplans (l.) und dreidimensionale Lastverteilungskurve (r.) der neu gestalteten Software LVP 3D.0

### 3.4 Validierung

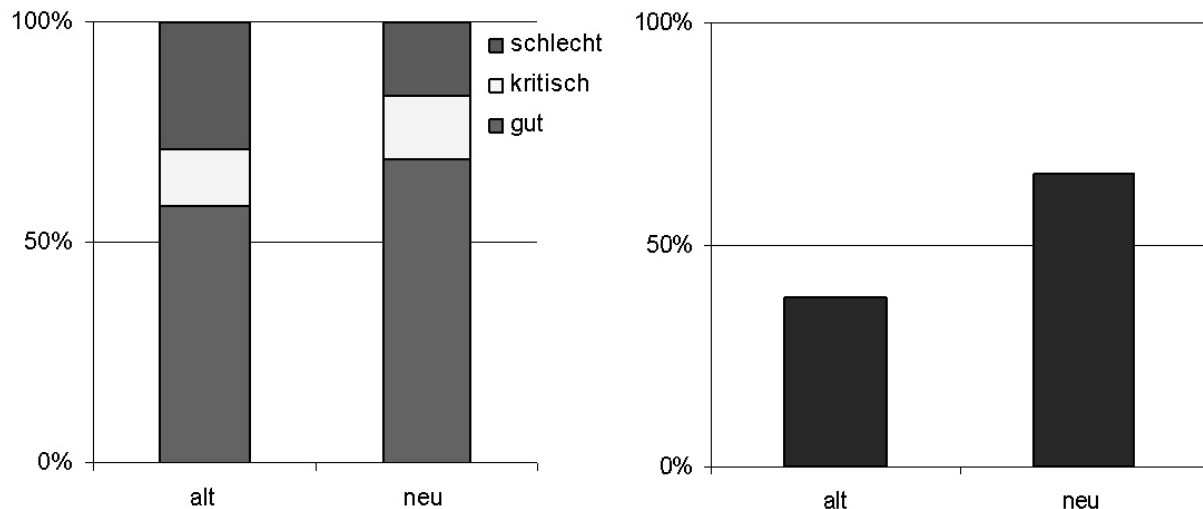
Im erneuten Benutzertest (n=11) werden von 53 Teilhandlungen im Mittel 76% positiv bzw. gut, 11% kritisch und 13% schlecht in ihrer Ausführung bewertet. Die Befragung zur Benutzerakzeptanz ergab einen mittleren Zustimmungsgrad von 66% (vg. Abbildung 2).

## 4. Diskussion

Die Analyse des Anwendungskontextes zeigt, dass das Haupteinsatzgebiet der entwickelten Software nicht im Bereich „Spedition, Logistik und Transport“ liegt, sondern sich auf eine Vielzahl unterschiedlicher Bereiche verteilt, von denen die Anwendung in der Schulung und Ausbildung dominiert. Durch den Benutzertest und die Anwenderbefragung konnte trotz eines deutlich gestiegenen Funktionsumfangs der Software, der unter anderem die dreidimensionale Darstellung der erstellten Lastver-

teilungskurven beinhaltet, durch einfache Gestaltungsmaßnahmen die Bedienbarkeit beim Benutzererstkontakt um 18% und die Anwenderakzeptanz um 28% gesteigert werden.

Die durchgeführte Studie belegt den Nutzen und die Notwendigkeit einer möglichst frühzeitigen benutzerzentrierten Produktentwicklung, die auf einer umfassenden und detaillierten Analyse des Anwendungs- bzw. Nutzungskontextes aufbauen muss.



**Abbildung 2:** Bewertete Handlungen des Benutzertests (l.) und Zustimmungsgrad der Anwenderbefragung (r.) für die alte (LVP Vers. 2.1) und neue Softwareversion (LVP Vers. 3D.0)

## 5. Literatur

1. Backhaus, C. 2009, Usability-Engineering in der Medizintechnik. Berlin: Springer.
2. Brooke, J. 1996, SUS - A quick and dirty usability scale. In: P.W. Jordan, B. Thomas, B.A. Weerdmeester & I.L. McClelland (Eds.), Usability Evaluation in Industry. London: Taylor and Francis.
3. Deutscher Speditions- und Logistikverband - DSLV 2005, Zahlen, Daten, Fakten aus Spedition und Logistik. Bonn: Deutscher Speditions- und Logistikverband e. V..
4. Großmann G. & Schmidt W. 2005, Grundlagen der Ladungssicherung. In: Bundesverband Güterkraftverkehr. Logistik und Entsorgung e. V. & Berufsgenossenschaft für Fahrzeughaltungen (Hrsg.), Praxishandbuch Laden und Sichern, Band1. Hamburg: BG Verkehr.
5. VDI 2700 2008, Blatt 4, Ladungssicherung auf Straßenfahrzeugen - Lastverteilungsplan. Düsseldorf: VDI-Verlag.

# Optimales Blended Learning mit moodle oder metacoon? Eine Usability-Untersuchung der beiden Lernplattformen

Monika EIGENSTETTER<sup>1</sup>, Sandra LAUMEN<sup>1</sup> und Rainer HAACK<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Hochschule Niederrhein,

Fachbereich Wirtschaftsingenieurwesen und Gesundheitswesen,  
Reinarzstraße 49, D-47805 Krefeld

<sup>2</sup> Hochschule Niederrhein, Fachbereich Wirtschaftswissenschaften,  
Reinarzstraße 49, D-47805 Krefeld

**Kurzfassung:** Blended Learning ermöglicht Nutzern örtlich und zeitlich ungebunden zu lernen. Moodle und metacoon sind bekannte Lernplattformen, die hierfür nicht nur an Schulen und Hochschulen eingesetzt werden. Da beide Systeme oft und gerne verwendet werden, aber auch Optimierungspotenzial besitzen, wurde ein Vergleich dieser beiden Systeme auf Usability-Aspekte vorgenommen.

**Schlüsselwörter:** Usability, Blended Learning, Lernplattform, Eyetracking.

## 1. Einleitung

Lernen hat durch den Einsatz moderner Informations- und Kommunikationstechnologien, wie Internet oder Multimedia-Programme, eine starke Veränderung erfahren. So ermöglichen neue Medien ein flexibleres Lernen, das eine Wahl des Lernorts und der Lernzeit zulässt und sogar eine individuelle Auswahl der konkreten Lerninhalte anbietet (Initiativkreis Bildung 2001).

An Hochschulen kommt in der Regel das Blended Learning zum Einsatz, wobei Präsenzveranstaltungen mit dem Einsatz neuer Medien – beispielsweise die Lernplattformen moodle und metacoon – kombiniert werden. Die Vorteile solcher Lernplattformen sind u.a.

- keine anfallenden Lizenzgebühren (Open-Source-Lösung),
- Verwendung mit gängigen PC- und Browsersystemen,
- die zeit- und raumunabhängige Nutzung sowohl von Seite des/der Lehrenden als auch der Lernenden,
- die Abstimmung und Information der Kursteilnehmer,
- direkte und individuelle Kommunikation mit einzelnen Lernenden oder Lerngruppen.

Moodle ist eine Plattform, die 1999 vom Australier Martin Dougiamas entwickelt wurde und weltweit eingesetzt wird ([www.moodle.org](http://www.moodle.org)). Mittlerweile sind mehr als 50.000 Installationen, vom kleinen System für einen einzelnen Trainer bis hin zu Hochschulen mit 20.000 Kursen, weltweit dokumentiert und Übersetzungen in über 75 Sprachen verfügbar. Die Lernplattform metacoon wurde im Rahmen des BMBF-Förderprogramms Neue Medien in der Bildung entwickelt ([www.metacoon.net](http://www.metacoon.net)). Nach einer Testphase wird die Plattform seit 2004 in Berufs-, Hochschulen, Behörden und Unternehmen des deutschsprachigen Raums genutzt.

An der Hochschule Niederrhein kommen beide Lernplattformen zum Einsatz. Um die Vorteile und den Nutzen der beiden Plattformen abzuwägen, wurde deren Usability im Rahmen der Lehrveranstaltung Arbeitswissenschaften untersucht.

## 2. Methode

Für den Vergleich der beiden Lernplattformen moodle und metacoon auf Usability-Aspekte wurde der Umgang der Studierenden der Veranstaltung Arbeitswissenschaften mit den beiden Plattformen untersucht, um Erkenntnisse über mögliche Optimierungen zu gewinnen.

### 2.1 Methodisches Vorgehen

Zunächst wurden mittels eines Fragebogens die demographischen Variablen der Versuchsperson erfasst. Anschließend bearbeitete jede Versuchsperson definierte Aufgaben an beiden Lernplattformen:

- Einloggen auf der Lernplattform,
- Betreten des Kurses Arbeitswissenschaften,
- Einstellen einer Mitteilung zur Information anderer Nutzer und Anhängen einer vorgegeben Datei von einem Memory-Stick,
- Speichern von zwei Dateien der Lernplattform auf dem Memory-Stick,
- Anlegen eines persönlichen Termins im Kalender der Lernplattform,
- Verlassen der Lernplattform.

Die Augenbewegungen der Versuchspersonen wurden anhand des Eyetracking-Verfahrens mit der Software Experiment Center 2 der Firma SensoMotoric Instruments GmbH aufgezeichnet.

Nach der Bearbeitung jeder Plattform wurden die Versuchspersonen gebeten einen Fragebogen zur Usability auszufüllen (in Anlehnung an Laumen 2006). Dieser enthält 39 Items zu den Kriterien Aufgabenangemessenheit, Steuerbarkeit des Dialogs durch den Benutzer, Selbstbeschreibungsfähigkeit, Erwartungskonformität, Fehlertoleranz und Lernförderlichkeit nach ISO 9241/10 (Prümper & Anft 1993; Individualisierbarkeit war hier keine Fragestellung). Jedes Kriterium wurde mit mindestens fünf Items abgefragt. Zudem wurde die allgemeine Akzeptanz, weiterhin die Lernplattform zu nutzen (Joy of Use), abgefragt: „Den steigenden Einsatz von Lernplattformen in der Hochschullehre halte ich für sinnvoll“.

Um Lern- und Reihenfolgeeffekte auszuschließen, wurden die Versuchspersonen zufällig zugeordnet: so bearbeiteten einmal neun, einmal acht Personen metacoon bzw. moodle als Erstes. Die Gesamtdauer des Experiments betrug pro Person etwa eine Stunde.

### 2.2 Stichprobe

An der Untersuchung nahmen 18 Studierende der Veranstaltung Arbeitswissenschaften des Bachelorstudiengangs Wirtschaftsingenieurwesen im Alter zwischen 21 und 32 Jahren ( $MW = 24,3$ ;  $SD = 2,9$ ) teil. Davon waren acht Personen weiblich. Mit Ausnahme einer Person nahmen alle aus eigenem Interesse teil. Sechs Personen hatten schon früher mit Lernplattformen, meist metacoon, gearbeitet. Andere Plattformen, z.B. Netzwerke, nutzen 63,6% der Befragten. Alle Personen arbeiten täglich im Internet. Ein Datensatz konnte aufgrund technischer Probleme nicht verwendet werden, so dass sich die Analyse auf 17 Personen beschränkt.



### 3. Ergebnisse

#### 3.1 Reliabilität der Messinstrumente

Anhand der Reliabilitätsanalysen wurden drei Items, je eines aus den Skalen Erwartungskonformität, Selbstbeschreibungsfähigkeit und Joy of Use entfernt. Die Reliabilitäten der Skalen variierten für beide Erhebungen zwischen Cronbach Alpha = 0,62 und 0,96 und waren daher für Gruppenvergleiche geeignet.

#### 3.2 Unterschiede in der Bewertung der Lernplattformen

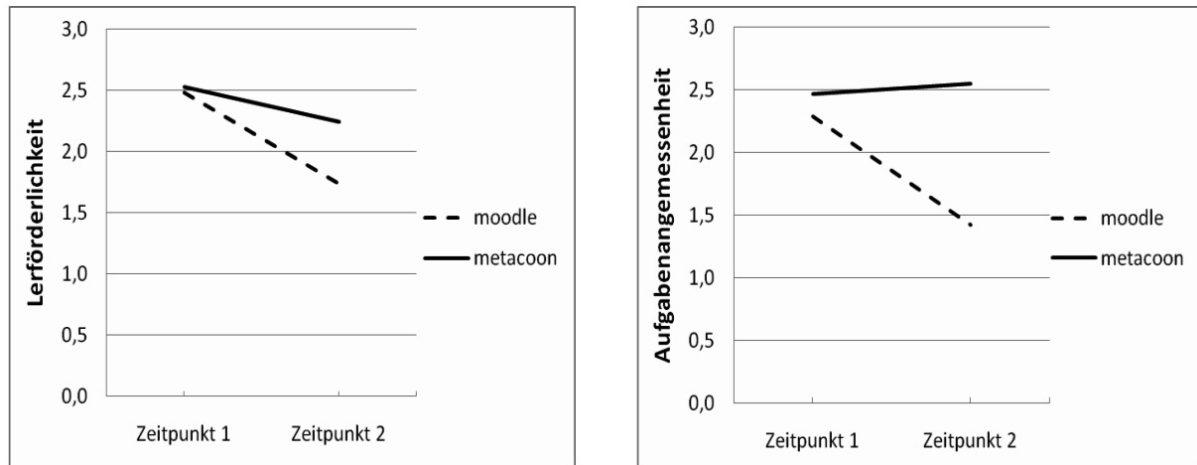
Die Mittelwerte der Skalen waren jeweils normalverteilt und wurden zunächst einem einfachen Mittelwertsvergleich (t-Test für verbundene Stichproben) unterzogen, ohne die Reihenfolge zu berücksichtigen, in welcher die Lernplattformen bearbeitet wurden. Dabei schnitt moodle im einfachen Vergleich gegenüber metacoon in allen Kriterien besser ab. Signifikant auf dem 5%-Niveau und damit bedeutsam waren nur die Unterschiede in den Kriterien Aufgabenangemessenheit und Erwartungskonformität (siehe Tabelle 1).

**Tabelle 1:** Unterschiede zwischen moodle und metacoon - t-Test für verbundene Stichproben

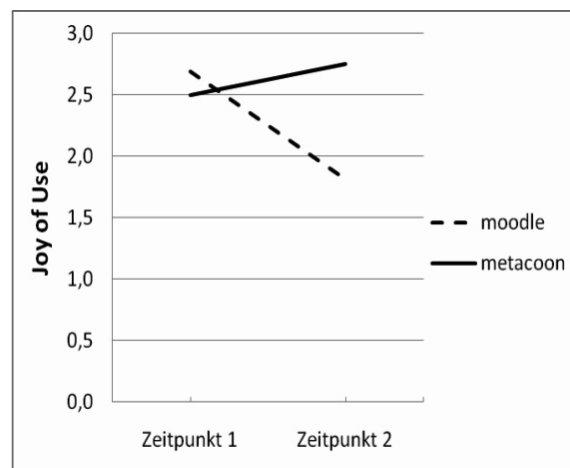
N=17	Lernplattform	MW	SD	Min	Max	T-Wert (df)	p-Wert
Aufgabenangemessenheit	metacoon	2,51	,92	1,00	4,00	T= -2,63 (16)	0,018
	moodle	1,89	,78	1,00	3,20		
Erwartungskonformität	metacoon	2,18	,67	1,00	3,25	T= -1,79 (16)	0,092
	moodle	1,87	,56	1,00	2,75		
Fehlertoleranz	metacoon	2,35	,65	1,00	3,40	T= -1,18 (16)	0,257
	moodle	2,14	,58	1,20	3,00		
Lernförderlichkeit	metacoon	2,40	,67	1,00	3,60	T= -1,71 (16)	0,105
	moodle	2,13	,54	1,00	2,80		
Selbstbeschreibungsfähigkeit	metacoon	2,36	,70	1,17	3,67	T= -2,31 (16)	0,034
	moodle	1,90	,63	1,17	3,33		
Steuerbarkeit	metacoon	1,88	,49	1,17	2,67	T= -1,34 (16)	0,200
	moodle	1,72	,56	1,00	2,83		
Joy of Use	metacoon	2,62	,87	1,00	3,75	T= -1,31 (16)	0,210
	moodle	2,28	,85	1,00	4,00		

In einer zweifaktoriellen ANOVA wurde die Reihenfolge als Between-Subject-Faktor sowie die Bewertung der Plattformen als Intra-Subject-Faktor berücksichtigt, um Lerneffekte zu erfassen, die sich auf die Bewertung der Lernplattformen niederschlagen könnte.

Die Haupteffekte entsprachen den T-Tests. Darüber hinaus ließen sich Wechselwirkungen mit der Reihenfolge bei den Kriterien Aufgabenangemessenheit ( $F=4,93$ ;  $df=1,15$ ;  $p=0,042$ ) und Joy of Use ( $F=6,35$ ;  $df=1,15$ ;  $p=0,024$ ) zeigen. Ausschließlich beim Kriterium Lernförderlichkeit trat ein „Haupteffekt Reihenfolge“ auf ( $F= 2,27$ ;  $df=1,15$ ;  $p=0,035$ ; siehe Abbildungen 1 und 2).



**Abbildung 1:** Haupteffekt Lernförderlichkeit (Antwortskala: 1 - trifft zu, 2 - trifft eher zu, 3 - trifft eher nicht zu, 4 - trifft nicht zu) (links)  
 Wechselwirkung Reihenfolge \* Aufgabenangemessenheit (Antwortskala: 1 - trifft zu, 2 - trifft eher zu, 3 - trifft eher nicht zu, 4 - trifft nicht zu) (rechts)



**Abbildung 2:** Wechselwirkung Reihenfolge \* Joy of Use (Antwortskala: 1 - trifft zu, 2 - trifft eher zu, 3 - trifft eher nicht zu, 4 - trifft nicht zu)

### 3.3 Beobachtungsdaten

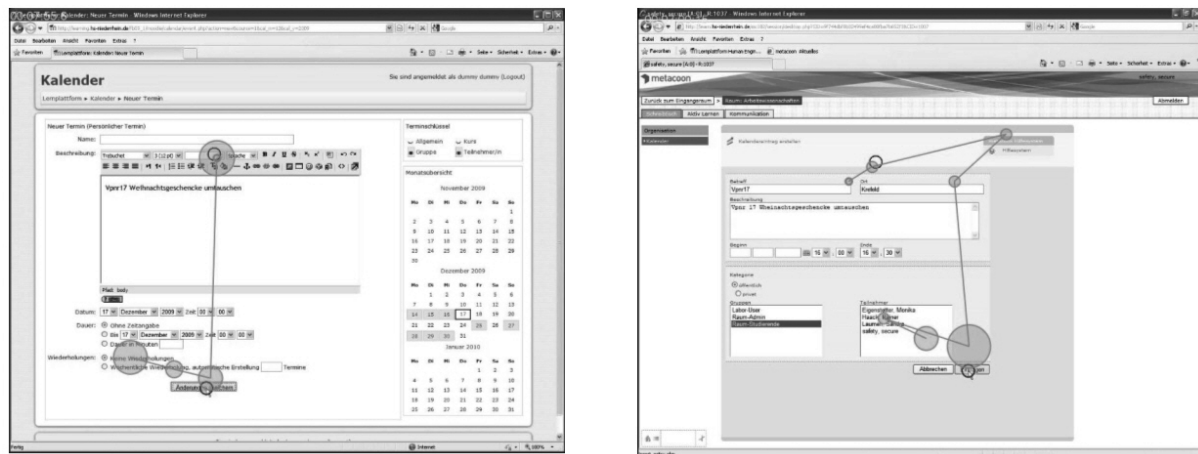
Die Beobachtungsdaten geben – ohne genauere Analyse – ein aufschlussreiches Bild. Einige Versuchspersonen benötigten deutlich mehr Zeit, um die identischen Aufgaben in metacoon durchzuführen und äußerten sich während des Versuchs verbal auffallend häufiger. Weitere Analysen der Vorgehensweisen der Versuchspersonen mittels Eyetracking werden hierzu genaueren Aufschluss geben können. Im Vergleich „Termin anlegen“ werden sich z.B. Unterschiede in der Anzahl der Blickbewegungen finden und als Parameter der Aufgabenangemessenheit ausgewertet werden (siehe Abbildung 3).

## 4. Diskussion

Nach dem ersten Eindruck wird moodle insgesamt besser von den Studierenden als metacoon, v.a. bei der Aufgabenangemessenheit und Selbstbeschreibungsfähigkeit, bewertet. Die Lernförderlichkeit wurde bei beiden Plattformen beim zweiten

Messzeitpunkt besser beurteilt. Bei der Aufgabenangemessenheit und dem Joy of Use wurde nur moodle zum zweiten Messzeitpunkt besser eingestuft.

Diese Unterschiede sind jedoch nach der Auswertung der Fragebögen nicht so groß, um eine Bevorzugung der einen oder anderen Lernplattform zu rechtfertigen. Eine intensive Analyse der mittels des Eyetracking-Verfahrens aufgenommenen Daten wird hier weiteren Aufschluss geben. Darüber hinaus bietet sie Hinweise zum Einsatz der beiden Lernplattformen an der Hochschule Niederrhein und eine Möglichkeit, eine einheitliche Strategie für die Hochschule zur Verwendung von Neuen Medien in der Lehre zu entwickeln.



**Abbildung 3:** Aufgezeichnetes Blickverhalten (Fixationen und Saccaden) einer Versuchsperson beim Anlegen eines persönlichen Termins im Kalender der Lernplattform moodle (links)  
Aufgezeichnetes Blickverhalten (Fixationen und Saccaden) einer Versuchsperson beim Anlegen eines persönlichen Termins im Kalender der Lernplattform metacoon (rechts)

## 5. Literatur

1. Initiativkreis Bildung der Bertelsmann Stiftung unter der Schirmherrschaft des Bundespräsidenten 2001, Memorandum: Zukunft gewinnen – Bildung erneuern, 4. Auflage. Gütersloh: Verlag Bertelsmann Stiftung.
2. Laumen, S. 2006, Neue Medien in der Hochschulausbildung – Evaluation des Einsatzes von computergestützten Medien in der integrierten Sicherheitsfachkraftausbildung. Lengerich: Pabst Science Publishers.
3. Prümper, J. & Anft, M. 1993, ISONORM 9241/10, Beurteilung von Software auf Grundlage der Internationalen Ergonomie-Norm ISO 9241/10. Im Internet verfügbar unter:
4. [http://www.ergo-online.de/site.aspx?url=html/service/download\\_area/titel.htm](http://www.ergo-online.de/site.aspx?url=html/service/download_area/titel.htm) [11.01.2010].

Wir danken den Studierenden des Seminars Arbeitswissenschaften des Fachbereichs 09.



## Individuelle Gestaltung des Bildschirmarbeitsplatzes für die Generation 40 plus – ein Beratungskonzept

Mirjam KÖNIG und Wolfgang JASCHINSKI

*Leibniz-Institut für Arbeitsforschung an der TU Dortmund (IfADo),  
Ardeystraße 67, D-44139 Dortmund*

**Kurzfassung:** Bei alterssichtigen Mitarbeitern am Bildschirmarbeitsplatz treten oft Sehbeschwerden und Nackenprobleme auf, wenn die Brille zur Unterstützung des Nahsehens und die Bildschirmposition relativ zum Auge nicht aufeinander abgestimmt sind. Die bisherige Lösung in der Praxis besteht darin, dass ausgehend von der bestehenden Bildschirmposition eine dazu passende Brille angefertigt wird. Ein neuer Lösungsansatz geht von den individuellen physiologischen Dispositionen aus und verändert die ergonomische Gestaltung des Arbeitsplatzes dahingehend, dass mit der erforderlichen Brillenvariante gearbeitet werden kann. Der Augenarzt oder Augenoptiker wählt also die Brille nicht nach den Arbeitsabständen des bestehenden Arbeitsplatzes aus, sondern nach den Arbeitserfordernissen und Wünschen des Arbeitnehmers; dementsprechend wird die ergonomische Gestaltung vorgenommen. Das Ziel besteht darin, die individuell vermessenen, optimalen Sehbedingungen auf den jeweiligen Arbeitsplatz zu übertragen und zu realisieren.

**Schlüsselwörter:** Alterssichtigkeit, Bildschirmarbeit, Gleitsichtbrille.

### 1. Einleitung

Alterssichtige Personen benötigen wegen ihrer mangelnden Akkommodationsfähigkeit eine entsprechende Brille, die scharfes Sehen am Bildschirmarbeitsplatz ermöglicht. In der Praxis wird meist ausgehend von der bestehenden, oft nicht ergonomisch optimierten Bildschirmposition eine dazu passende Bildschirmarbeitsplatzbrille angefertigt. Dabei wird jedoch das Potential möglicher ergonomischer Gestaltungen nicht genutzt. Überdies sind Augenärzten und Augenoptikern die genauen Maße des Bildschirmarbeitsplatzes oft nicht bekannt; dies kann zur Folge haben, dass Bildschirmbrille und Arbeitsplatz nicht aufeinander abgestimmt sind und somit visuelle und muskuloskeletale Beschwerden auftreten können.

Ein neues Beratungskonzept besteht darin, in einem ersten Schritt die Variante und die Stärke der Bildschirmarbeitsplatzbrille entsprechend den jeweiligen Sehaufgaben bei der Tätigkeit und den individuellen Sehgewohnheiten des Nutzers auszuwählen. In einem zweiten Schritt wird mit der ausgewählten Brille die ergonomische Gestaltung der Bildschirmposition vorgenommen. Die ergonomisch günstigen Bildschirmpositionen (d. h. der Sehabstand und die Höhenposition relativ zum Auge) lassen sich mit speziellen, neu entwickelten ergonomisch-optometrischen Messverfahren bestimmen; dabei ist eine physiologisch günstige Körperhaltung zu berücksichtigen. Flachbildschirme erlauben eine flexible Aufstellung auf dem Schreibtisch; an niedrig aufgestellten Bildschirmen kann u. U. auch mit einer Universal-Gleitsichtbrille scharf gesehen werden.

Wir berichten Befunde einer Feldstudie, die deutlich machte, dass mit diesem Be-

ratungskonzept und den darin enthaltenen Messverfahren sowohl ergonomische, als auch optometrische Aspekte aufeinander abgestimmt werden können, um so zu individuell optimierten Sehbedingungen bei günstiger Körperhaltung zu gelangen.

## 2. Methode

Der erste Schritt umfasst sowohl die Begutachtung des bestehenden Arbeitsplatzes, die Vermessung verschiedener Sehabstände und Blickwinkel, als auch ein Gespräch über mögliche Einschränkungen und/oder Beschwerden am Arbeitsplatz. Zusammen mit einer Augenglasbestimmung soll dann eine Entscheidung über die Auswahl der geeigneten Brillengläser getroffen werden. Um die Auswahl geeigneter Brillenvarianten zu erleichtern, haben wir die Möglichkeit, verschiedene Gläser im Kurztest zu erproben: Universal- versus Bildschirm-Gleitsichtbrillen mit verschiedenen Nah- und Fernwirkungen und Einstärkenbrillen in allen Stärken. Es sei hier aber betont, dass diese standardisierten Erprobungsgleitsichtgläser nicht so gut sein können wie die später für den Einzelnen individuell angefertigten Gleitsichtgläser. Dennoch kann man einen Eindruck gewinnen, welche Brille am besten geeignet ist.

Der zweite Schritt beinhaltet ergonomisch-optometrische Messungen mit der Brille, welche am Arbeitsplatz getragen werden soll. Am Bildschirmarbeitsplatz besteht oft die Frage, in welcher Höhe und Entfernung der Bildschirm relativ zum Auge aufgestellt werden sollte, um Sehbeschwerden und Muskel-Skelett-Beschwerden zu vermeiden (Schulz & Jaschinski 2009). Dazu messen wir

(1) die Ruhelage der vertikalen Blickrichtung der Augen. Dies ist die Blickneigung, welche als anstrengungsarm empfunden wird. Aus dieser Ruhelage von Kopf und Augen lässt sich die Höheneinstellung des Computers ableiten. Die Ruheblickneigung wird mit einem praxisgerechten Schnelltest-Verfahren gemessen: vor dem Probanden steht eine quadratische Kartonsäule, auf jeder Seite bedruckt mit vertikal angeordneten Zeichen (vertikaler Abstand zwischen den Zeichen ca.  $1^\circ$  bezogen auf 80 cm Sehabstand). Zunächst wird das Sehzeichen ermittelt, welches sich auf Augenhöhe befindet. Anschließend schließt man die Augen und bewegt sie aufwärts und abwärts, um die angenehme Blickneigung zu finden. Beim Öffnen der Augen gibt man an, welches Sehzeichen man spontan fixiert. Dies wird mit jeder Seite der Säule wiederholt.

(2) messen wir die Schärfenbereiche (Nah- und Fernpunktkurve) von Brillen für den Bildschirmarbeitsplatz, welche angeben, in welcher Entfernung der Bildschirm bei bequemer Kopfhaltung stehen muss, um scharf gesehen werden zu können (Jaschinski & Haensel 2009). Zur Bestimmung der Nah- und Fernpunkte der Akkommodation wurde ein Optometer auf der Basis eines Binoptometers (OCULUS, Reiner, 1980) entwickelt. Dieses Neigungsoptometer ermöglicht Messungen bei verschiedenen Augenneigungen zwischen horizontal und 50 Grad abwärts, eine individuell angenehme Kopfhaltung, Einstellungen der Sehentfernung von 30 cm bis unendlich sowie eine größenkonstante, binokulare Betrachtung des Sehzeichens (s. Abbildung 1).

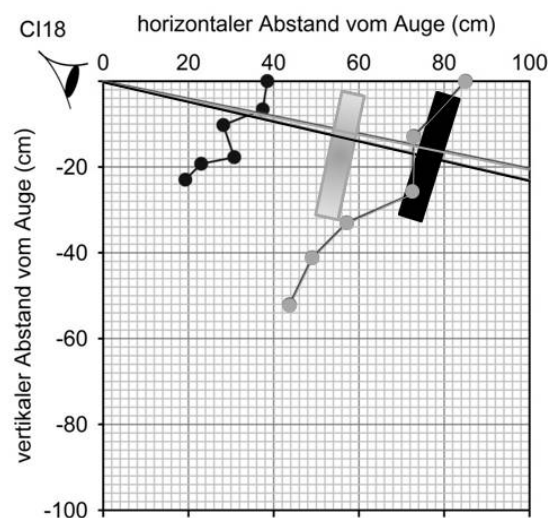




**Abbildung 1:** Ansicht des Neigungsoptometers: ein Proband variiert den Sehabstand des Sehobjektes im Optometer, das auf eine Neigung von 30 Grad eingestellt ist

### 3. Ergebnisse

In Abbildung 2 sind für einen Probanden mit einer Universal-Gleitsichtbrille die Messdaten der Nah- und Fernpunkte als Funktion der Blickneigung aufgetragen, und zwar als Sehabstände relativ zur Augenposition im Koordinatenursprung. Im Bereich zwischen der Nahpunktcurve (schwarze Kurve) und der Fernpunktcurve (graue Kurve) ist scharfes Sehen möglich; hier kann der Bildschirm positioniert werden. Die vom Auge ausgehende graue Linie stellt die Ruheblickneigung dar, so wie sie mit dem Schnelltest-Verfahren nach Schulz & Jaschinski (2009) für diese Person bestimmt wurde. Daraus lässt sich folgern, dass die Monitormitte etwas unterhalb der Ruheblickneigung in der Mitte des Schärfebereiches liegen sollte. Diese optimierte Bildschirmposition ist durch den grauen Balken angedeutet. Der schwarze Balken zeigt die bisherige, ungünstige Monitorposition am Arbeitsplatz des Probanden. Diese Person hat den Monitor nicht mehr im Schärfebereich stehen. Bei diesem Proband sollte die Fernwirkung der Brille überprüft werden, da scharfes Sehen in die Ferne nur bis ca. 85 cm möglich ist.



**Abbildung 2:** Kurven der Nah- und Fernpunkte für eine Universal-Gleitsichtbrille

#### 4. Diskussion

Im Bundesgesetzblatt in der Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge (Arb-MedVV) im Anhang Teil 4 ist festgelegt, dass „den Beschäftigten im erforderlichen Umfang spezielle Sehhilfen für ihre Arbeit an Bildschirmgeräten zur Verfügung zu stellen [sind], wenn Untersuchungsergebnis ist, dass spezielle Sehhilfen notwendig und normale Sehhilfen nicht geeignet sind“.

Aber, was ist der „erforderliche Umfang“, wann sind „normale Sehhilfen nicht geeignet“? Hier ist eine Untersuchung angesprochen, die über die Eignung der normalen Sehhilfe entscheidet. Jedoch ist eine derartige Untersuchung auf präzise Weise gewöhnlich in der Praxis kaum möglich: für eine Untersuchung der Bereiche des scharfen Sehen stehen am Arbeitsplatz im Betrieb die entsprechenden augenoptischen Geräte nicht zur Verfügung und beim Augenarzt bzw. Augenoptiker ist die Arbeitsplatzsituation im Einzelnen nicht bekannt. Erst das hier vorgestellte Messrepertoire mit dem Neigungsoptometer ermöglicht eine genaue Untersuchung, ob eine Brille scharfes Sehen am jeweiligen Arbeitsplatz erlaubt oder nicht.

Sicherlich wird eine solche umfassende ergonomisch-augenoptische Beratung nicht für jeden alterssichtigen Mitarbeiter am Bildschirmarbeitsplatz erforderlich sein. Aber in Fällen, wo dauerhaft deutliche Beschwerden bestehen, die ansonsten nicht behoben werden konnten, wäre die beschriebene umfassende Beratung sinnvoll.

Das hier beschriebene ergonomisch-augenoptische Beratungskonzept (König & Jaschinski 2009) ist das Ergebnis unserer arbeitsphysiologischen Forschung. In unserem Institut bestehen die methodischen und personellen Voraussetzungen, eine solche Beratung vornehmen zu können. Der folgerichtige nächste Schritt bestünde in einer Umsetzung dieses Beratungskonzepts in die betriebliche Praxis. Dies könnte in Kooperation mit Unternehmen erfolgen, die eine Verbesserung der Situation an Bildschirmarbeitsplätzen anstreben. In Form von Feldstudien kann dieses Konzept in Unternehmen angewendet werden, wobei die dort zuständigen Arbeitsmediziner, Arbeitssicherheitsfachkräfte die Konzeption übernehmen und in Abstimmung mit Augenoptikern und Augenärzten anwenden können.

#### 5. Literatur

1. Jaschinski, W. & Haensel, C. 2009, Messungen der Schärfenbereiche von Brillen für den Bildschirmarbeitsplatz. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V. (Hrsg.): Arbeit, Beschäftigungsfähigkeit und Produktivität im 21. Jahrhundert. Dortmund: GfA-Press, S. 617-620.
2. Schulz, F. & Jaschinski, W. 2009, Objektive und subjektive Messungen zur bequemen vertikalen Blickneigung. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V. (Hrsg.): Arbeit, Beschäftigungsfähigkeit und Produktivität im 21. Jahrhundert. Dortmund: GfA-Press, S. 739-742.
3. Bundesgesetzblatt Jahrgang 2008 Teil I Nr. 62, ausgegeben zu Bonn am 23. Dezember 2008; Im Internet verfügbar unter: [www.bundesgesetzblatt.de](http://www.bundesgesetzblatt.de).
4. König, M. & Jaschinski, W. 2009, Individuelle Gestaltung des Bildschirmarbeitsplatzes für die Generation 40 plus – ein Beratungskonzept, angewandte Arbeitswissenschaft, Nr. 200, 44-59.

## Nutzergerechte Gestaltung von CNC-Maschinensteuerständen

Inna LEVCHUK, André KLUSSMANN, Karl-Heinz LANG und  
Hansjürgen GEBHARDT

*Institut für Arbeitsmedizin, Sicherheitstechnik und Ergonomie e.V. (ASER),  
Corneliusstr. 31, D-42329 Wuppertal*

**Kurzfassung:** Für moderne Produktionsvorgänge wurden in den letzten Jahrzehnten vermehrt innovative Technologien eingesetzt. Dabei wurde das schnelle Erlernen von neuen Vorgehensweisen (wie z. B. die Anwendung von CNC-Steuerständen) bei den Arbeitnehmern vorausgesetzt. Für die heute stark verbreitete „Just-in-Time-Produktion“ werden fehlerfreie Fertigungsvorgänge erwartet. In Aus- und Fortbildungslehrgängen für CNC-Maschinen in vier Lehrwerkstätten des Bergischen Landes wurden Befragungen durchgeführt, um Belastungen und Beanspruchungen zu ermitteln und Gestaltungsvorschläge abzuleiten. Die Untersuchungen sind Bestandteil des Projektes „Design4all – Das Mehrgenerationengütesiegel“, welches im Rahmen des Förderwettbewerbs Create.NRW im Europäischen Fonds für regionale Entwicklung – Investition in unsere Zukunft durch die EUROPÄISCHE UNION und das Land Nordrhein-Westfalen gefördert wird.

**Schlüsselwörter:** CNC-Maschine, Mensch-Maschine-System, nutzgerechte Gestaltung, Gebrauchstauglichkeit, Usability.

### 1. Einleitung

Der zunehmende Einsatz computergestützter Technik hat weltweit zu einer Veränderung der Produktionsverfahren und Fertigungstechnologien geführt. Die rasante Entwicklung von mikroelektronischen Technologien hat neue Dimensionen der Mensch-Maschine-Systeme in Industrie und Handwerk gebracht (Zschoge 1994). Innovative Technologien haben schwere körperliche Arbeit zunehmend, beispielsweise durch CNC-Werkzeugmaschinen (CNC = Computerised Numerical Control), ersetzt (Abbildung 1).



**Abbildung 1:** Bearbeitungszentrum „SPINNER U620“

Die Produktion wurde durch die Automatisierung des Fertigungsprozesses effi-

zienter und somit sind moderne CNC-Maschinen sogar aus Klein- und Mittelunternehmen heute nicht mehr wegzudenken. Die Schnittstelle im Mensch-Maschine-System ist die CNC-Steuerung (Abbildung 2), welche schnelle, hochkomplexe und präzise Bearbeitungsvorgänge ermöglicht (Kief & Roschiwal 2009).



**Abbildung 2:** Siemens-Steuerung

Manuelle Arbeit tritt somit vermehrt in den Hintergrund, während statische Arbeit (z.B. langes Stehen) und kognitive Anforderungen in diesen Tätigkeitsbereichen steigen. Den Maschinenführern kommt ein hohes Maß an Verantwortung zu, denn Bedienfehler können zu körperlichen Verletzungen wie auch Maschinen- oder Produktschäden und in der Folge zu hohen betriebswirtschaftlichen Verlusten führen.

Der viel diskutierte demographische Wandel betrifft auch die Beschäftigten in Produktionsbereichen. Die Zahl der Auszubildenden wird in den kommenden 20-30 Jahren wesentlich sinken (Langhoff 2009). Ältere Mitarbeiter werden länger als bisher (Stichwort: Rente mit 67) im Betrieb bleiben und sich somit auch länger mit neuen Technologien auseinandersetzen müssen. Es ist bekannt, dass die Lernfähigkeit und -bereitschaft mit dem Alter eher nachlässt. Allerdings können eine intuitive Bedienbarkeit und eine ergonomische Gestaltung von CNC-Steuerständen wesentliche Grundlage zur Vereinfachung des Lernprozesses und zur Reduzierung der Gefahren von Bedienfehlern wie auch von körperlichen Beschwerden sein.

## 2. Methode

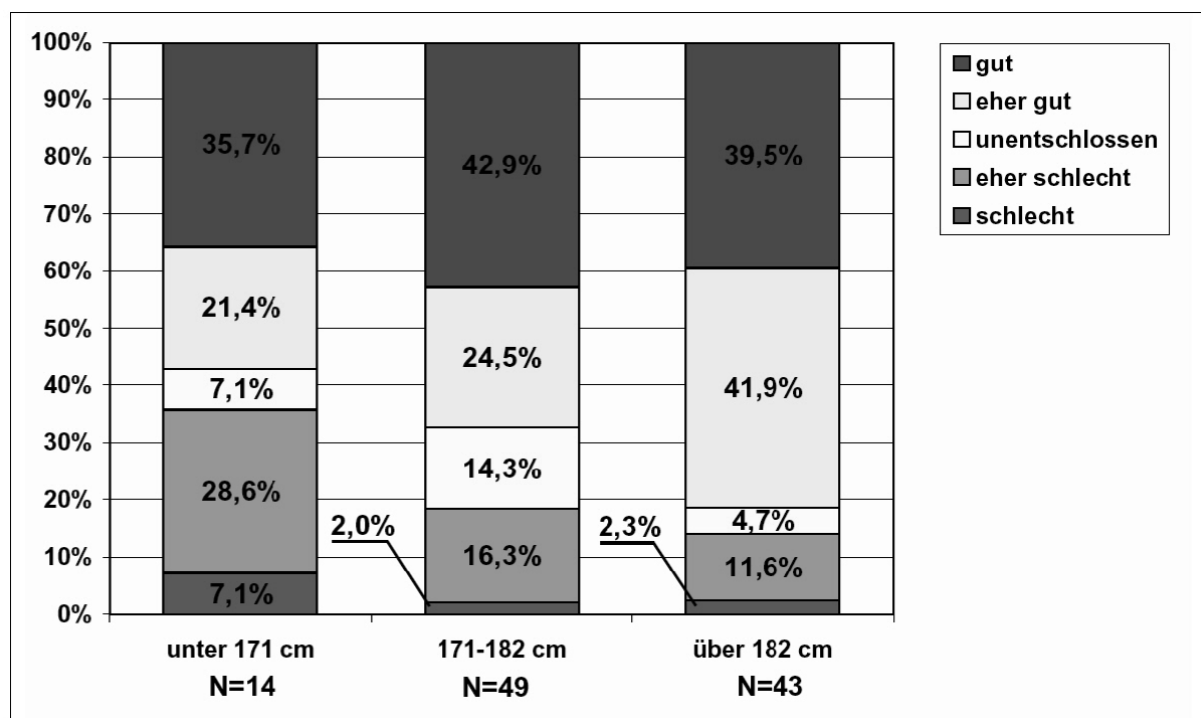
In Zusammenarbeit mit CNC-Maschinen-Herstellern und -Bedienern sowie Ergonomieexperten wurde ein standardisierter Fragebogen entwickelt. Die Befragung wurde in Aus- und Fortbildungslehrgängen für CNC-Maschinen in 4 Lehrwerkstätten im Bergischen Land durchgeführt. Neben Fragen zur Aufdeckung von möglichen Schwach- und Problemstellen in der Bedienung von CNC-Maschinensteuerungen wurden auch Fragen zur allgemeinen Gestaltung und Anordnung des Arbeitsplatzes wie auch Fragen zu den allgemeinen Arbeitsbedingungen am Maschinensteuerstand und zu körperlichen Beschwerden gestellt. Im Rahmen einer Arbeits- und Tätigkeitsanalyse wurden die Gestaltung und Anordnung der Arbeitsplätze in den Werkstätten dokumentiert.

### 3. Ergebnisse

In die folgenden Auswertungen wurden die Angaben von 112 Männern (Alter 17 bis 56 Jahre) einbezogen. An der Befragung nahmen sowohl Auszubildende ohne und mit einem beruflichen Hintergrund teil, als auch Personen mit einer langjährigen Berufserfahrung im Umgang mit unterschiedlichen Werkzeugmaschinen. In den folgenden Abschnitten wird über die Gestaltung der Arbeitsplätze und insbesondere die Gestaltung der Steuerstände berichtet.

#### 3.1. Gestaltung des Arbeitsplatzes/Steuerstandes

Bei der Bewertung des Arbeitsplatzes empfanden 30% der Befragten (darunter insbesondere die Personen mit eher kleineren Körpergrößen den Greifraum als eher schlecht – sehr schlecht. 32% der Befragten konnten den Fertigungsprozess vom Steuerstand aus nicht gut einsehen (Abbildung 3). 80% der Befragten arbeiteten an nicht-höhenverstellbaren Steuerständen. Daraus resultierend empfanden 37% die Höhe des Steuerstandes als nicht angemessen. 65% der Befragten bewerteten ihre Körperhaltung während der Programmier- / Steuerungsprozesse als (eher) angespannt.

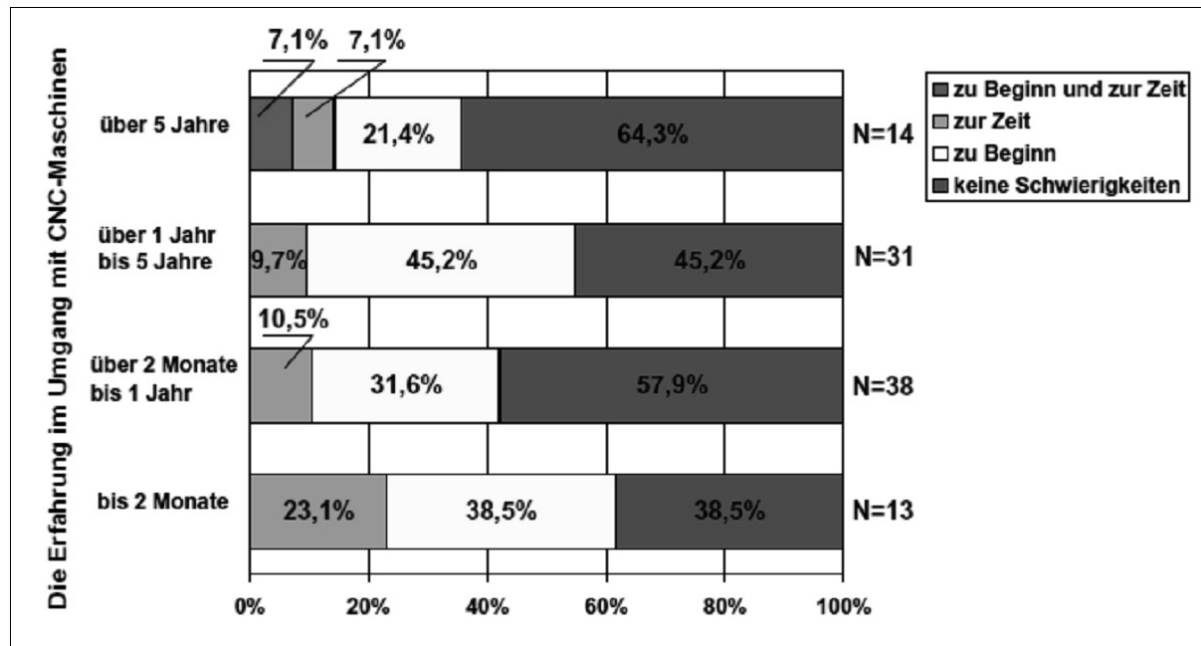


**Abbildung 3:** Beobachtung des Fertigungsprozesses vom Steuerstand aus

#### 3.2. Gestaltung der Bedienoberfläche des Steuerstandes

Die Eingabegeräte der betrachteten Steuerstände bestanden im Wesentlichen ausschließlich aus Funktionstasten bzw. alphanumerischen Tastaturen. Selten waren zusätzliche Eingabehilfen wie Touchscreen (30%) oder Maus (20%) vorhanden. Dort wo vorhanden, wurde der Touchscreen als eher ergonomisch gut gestaltet beschrieben, allerdings wurde das ungewollte Mitauslösen benachbarter Funktionen bemängelt. Jeder 10te Befragte gab an, dass die Stellteile so angeordnet seien, dass sie leicht verwechselt würden. Selbst unter den Personen, die seit über 5 Jahren mit

CNC-Maschinen arbeiten, haben 14% immer noch Schwierigkeiten mit der Anordnung von Stellteilen und mit der Bedienerführung (Abbildung 4).



**Abbildung 4:** Unklare Anordnung der Stellteile auf dem Bedienfeld

#### 4. Diskussion

Die Befragung zeigt ein Gestaltungspotential bei der Einrichtung von CNC-Steuerständen und -arbeitsplätzen auf. Dies betrifft sowohl die allgemeine Gestaltung des Steuerstandes (Höhenverstellbarkeit, Anordnung zum Arbeitsprozess) als auch die Gestaltung der Bedienoberfläche (Hervorhebung, Abgrenzung oder ergonomische Anordnung wesentlicher Stellteile).

Die durchgeführten Befragungen haben die Basis für weitere Untersuchungen in Unternehmen aufgebaut. Die geplanten Maßnahmen schließen ein weiterentwickeltes Instrument mit Schwerpunkt auf die identifizierten Problemstellen (Stellteile, Positionierung etc.) ein, die die Betrachtung von Arbeitsabschnitten und -abläufen an CNC-Maschinen bei vorgegebenem Arbeitsplatzaufbau in der betrieblichen Praxis vornehmen sollen.

#### 5. Literatur

1. Kief, H.B. & Roschiwal, H.A. 2009, CNC-Handbuch 2009/2010. München: Hanser-Verlag.
2. Langhoff, T. 2009, Den demographischen Wandel im Unternehmen erfolgreich gestalten. Eine Zwischenbilanz aus arbeitswissenschaftlicher Sicht. Berlin: Springer.
3. Zschoke, S. 1994, Möglichkeiten der Anwendung moderner Formen der Arbeitsorganisation bei der Arbeit mit CNC-Maschinen und deren Auswirkungen auf Mensch und Technik. Dresden.



## “Usability“ von Verkaufsverpackungen unter dem Aspekt des demographischen Wandels

Frank DITTRICH und Birgit SPANNER-ULMER

*Professur Arbeitswissenschaft, Technische Universität Chemnitz,  
Erfenschlager Straße 73, D-09125 Chemnitz*

**Kurzfassung:** “Usability“, Nutzerfreundlichkeit, wird in vielen Produktbereichen immer relevanter. Besonders bei Konsumgütern spielt sie eine wesentliche Rolle und wird für Unternehmen, durch steigende Konsumentenansprüche, zunehmend zu einem wichtigen Wettbewerbsfaktor. Ergebnisse aus vergangenen Kundenbefragungen zeigten, dass im Bereich der Verkaufsverpackungen dieser Faktor oft nur unzureichend beachtet wurde. Vor allem in Anbetracht des demographischen Wandels wird die vorliegende Problematik der schlechten Nutzerfreundlichkeit von Verkaufsverpackungen zunehmend wichtiger. Es wird in diesem Beitrag gezeigt, dass der Begriff Usability für die Beurteilung der Nutzerfreundlichkeit von Verpackungen geeignet ist. Mithilfe einer Befragung von älteren Konsumenten wird die zunehmende Relevanz der Thematik verdeutlicht. Die daraus gewonnenen Erkenntnisse wurden genutzt, um anhand einer Expertenevaluation und eines Nutzertests wesentliche Usability-Probleme an einer Auswahl von Verkaufsverpackungen zu identifizieren und empirisch nachzuweisen.

**Schlüsselwörter:** Usability, Verpackungen, demographischer Wandel.

### 1. Motivation

Der Umgang mit Verpackungen gehört zu unseren alltäglichen Aufgaben. Fast jedes Produkt erreicht den Nutzer bzw. Verbraucher in einer Verpackung. Ob als Transportverpackung bei Halbzeugen für den Herstellungsprozess oder als Verkaufsverpackung bei Konsumgütern für den Endverbraucher - Nutzer werden mit der Handhabung von Verpackungen täglich konfrontiert.

Die Verkaufsverpackung unterlag im letzten Jahrhundert einer stetigen Anforderungssteigerung und Funktionserweiterung. Die ursprüngliche Schutzfunktion der Verpackung wurde durch weitere, aus Herstellersicht relevante, Funktionen, wie die Verkaufs-, die Verkaufsförderungs- und die Informationsträgerfunktion, erweitert. Die Nutzerfreundlichkeit von Verpackungen, die eine wesentliche Anforderung aus Kundensicht darstellt, wurde hingegen von vielen Herstellern vernachlässigt. Darauf deuten vereinzelte Untersuchungen zu dieser Thematik hin. Unter anderem wurden bereits in den 70er und 80er Jahren Studien zum Öffnen von Schraubverschlüssen durchgeführt (Berns 1981; Ivergard et al. 1978). Die damals erkannten Probleme, so zeigen neuere Studien (Janson et al. 2005; Daams & Stephan 2000; Shamshiri et al. 2009), scheinen auch heute nicht zufriedenstellend gelöst zu sein. Nach einer Untersuchung von Janson et al. (2005) war es 50% der Befragten über 75 nicht möglich, Schraubgläser zu öffnen, die sie gekauft hatten. Bei Daams et al. (2000), die verschiedene Verpackungsarten untersuchten, war das Öffnen bei mehr als der Hälfte

der Verpackungen mit Problemen verbunden. Auch Shamshiri et al. (2009) stellten fest, dass es verschiedene Öffnungsmechanismen bei Getränkekartons gab, die von älteren Nutzergruppen nicht verstanden oder betätigt werden konnten.

Leidtragende sind häufig ältere Nutzergruppen. Dies unterstreichen auch Befragungen der Bundesarbeitsgemeinschaft der Senioren-Organisationen (BAGSO) von 1999 und 2003. Nach beiden Umfragen hatten 92% der älteren Befragten zwischen 50 und 80 Jahren Probleme mit Verpackungen. Auf fast 50% traf dies sogar mehrmals wöchentlich oder täglich zu.

Eine schlechte Handhabbarkeit kann nicht nur zu Unzufriedenheit der Nutzer führen, sondern auch gesundheitliche Gefährdungen verursachen. So suchten 1996 in Großbritannien 67.000 Menschen das Krankenhaus, aufgrund einer Verletzung an einer Verkaufsverpackung, auf (Departement of Trade and Industry 1997), wobei wohl nur ein geringer Teil der gesamten Unfälle im Krankenhaus behandelt wird. Dies zeigt ebenfalls eine britische Studie (Winder et al. 2002), nach der 70% der Verletzungen an Verpackungen zu Hause versorgt wurden.

Aufgrund national verschiedener Verpackungen können Untersuchungen von Land zu Land allerdings unterschiedlich ausfallen. Aktuelle nationale Studien, die objektiv ermittelte und konkret identifizierte Nutzungsprobleme von Verkaufsverpackungen untersuchen, liegen bisher nicht vor.

## 2. "Usability" von Verpackungen

Der englischsprachige Begriff "Usability" erscheint für die vorliegende Problematik aufgrund der ganzheitlichen Betrachtung geeignet. Bisher in Studien oft verwendete Begriffe, wie Handleability, Openability und Convenience beschreiben Teilaspekte, die unter der Bezeichnung „Usability von Verpackungen“ zusammengefasst werden können. Die Definition (DIN EN ISO 9241 1998) des, aus dem Bereich interaktiver Systeme stammenden, Begriffes Usability, lässt sich allgemein auf den Verpackungsbereich übertragen. Die Usability von Verpackungen beschreibt demzufolge das Ausmaß, in dem eine Verpackung durch bestimmte Benutzer in einem bestimmten Nutzungskontext genutzt werden kann, um bestimmte Ziele effektiv, effizient und zufriedenstellend zu erreichen. Die Ziele, welche im Nutzungskontext durch die Arbeitsaufgaben vorgegeben werden, definieren wiederum die Anforderungen, die an die Verpackung zu stellen sind. Anforderungen werden zumeist aus Herstellersicht angegeben und beeinflussen in starkem Maße die Gestaltung der Verpackung. Nutzerorientierte Anforderungen sind bisher nur unzureichend erfasst und werden den Befragungen und Studien zufolge nicht ausreichend von Herstellern beachtet.

Die primäre Anforderung an Verpackungen betrifft sowohl aus Sicht der Nutzer als auch der Hersteller den Schutz des Produkts vor äußeren Einflüssen jeglicher Art. Diese aus Nutzersicht selbstverständliche und stillschweigend vorausgesetzte Anforderung hat einerseits keinen positiven Einfluss auf die Usability bei Erfüllung, andererseits aber einen stark negativen bei Nichterfüllung. Erfüllt ein Produkt diese Anforderung nicht, verstößt es gegen eine Grundvoraussetzung für Usability: die Effektivität. Ist zur Erreichung dieses Schutzes ein verhältnismäßig hoher Aufwand nötig, beispielsweise durch ein zu hohes Verpackungsgewicht, so wird das zweite grundlegende Kriterium, das der Effizienz nicht erfüllt. Das Kriterium der Zufriedenheit erscheint hier, da die vollständige Erfüllung dieser Anforderung vorausgesetzt und nicht zusätzlich honoriert wird, als nicht relevant.

Die vom Nutzer eingeforderten Anforderungen ergeben sich darüber hinaus aus

der Interaktionsaufgabe mit der Verpackung. Dies betrifft, je nach Produkt, eine Kette von Tätigkeiten. In der Regel setzt die Nutzung des Produkts ein Öffnen der Verpackung und eine Entnahme voraus. Oft ist eine zwischenzeitliche Unterbrechung der Nutzung relevant, was die Wiederverschließung, sowie ein abermaliges Öffnen und Entnehmen nach sich zieht, wie beispielsweise bei Milchpackungen. Auch hier ist wiederum für jeden dieser Schritte die Genauigkeit der Zielerreichung, den dazu im Verhältnis stehenden Aufwand und die daraus resultierende subjektive Komponente der Bewertung maßgeblich für die Beurteilung der Usability. Das subjektive Element, also die in der DIN EN ISO 9241 (1998) definierte Zufriedenheit, kann im Verpackungsbereich vor allem durch die oft innovativen Zusatzfunktionen erreicht werden.

Die Lösung der Arbeitsaufgaben beinhaltet eine komplexe Interaktion mit der Verpackung, da viele menschliche Leistungsfaktoren gleichermaßen angesprochen werden. Unter anderem betrifft dies sich im Alter verändernde Leistungsfaktoren (Keil et al. 2009), wie Kraft, Sehen und den Tastsinn. Die Beurteilung und Gestaltung einer Verpackung mit guter Usability ist deshalb stark nutzerabhängig. Aufgrund der oft allgemeinen Zielgruppe, dürfte besonders bei Verkaufsverpackungen im Lebensmittelbereich die Maxime Bestand haben: „Entwickle für die Alten, und du schließt die Jungen mit ein“.

### **3. Empirische Studie I**

Um ein aktuelles Bild über vorhandene Probleme aus Sicht der älteren Nutzer zu erhalten, wurde in einer ersten Studie eine teilstandardisierte Befragung durchgeführt, welche sich an die Umfrage der BAGSO aus den Jahren 1999 und 2003 anlehnt. Um vergleichbare Ergebnisse zu erhalten, wurden im Wesentlichen die gleichen Fragestellungen aufgenommen. Durchgeführt wurde die Umfrage in Form von Interviews, anhand derer 61 zufällig ausgewählte Nutzer im Alter zwischen 49 und 83 Jahren in ostdeutschen Einkaufszentren befragt wurden.

Die Ergebnisse der Befragung zeigen, dass seit der Umfrage der BAGSO von 2003 keine Verbesserung der Usability von Verkaufsverpackungen aus Sicht der Nutzer zu erkennen ist. Mit 71% der Befragten hat ein Großteil mehrmals wöchentlich Probleme beim Öffnen von Verpackungen. Dreiviertel davon versuchen in der Regel allein damit zurechtzukommen. Es ist anzunehmen, dass dieses Verhalten den Gebrauch von unzweckmäßigen Hilfsmitteln und daraus resultierenden Unfällen fördert. Die meistgenannten Probleme betreffen nicht auffindbare und nicht funktionierende Öffnungsmechanismen sowie einen zu großen Kraftaufwand. Als besonders wichtiges Ergebnis für die Hersteller erscheint die Diskrepanz zwischen den Kundenrückmeldungen zum Hersteller und der kaufentscheidenden Rolle von Verpackungen beim Konsumenten. Keiner der Befragten gab an, das Verkaufspersonal zu informieren bzw. sich beim Hersteller zu beschweren. Allerdings spielt für 40% die Verpackung, sollte diese benutzerfreundlich sein, eine kaufentscheidende Rolle. Immerhin 31% geben an, ein anderes Produkt zu kaufen, sollten sie nicht mit der Verpackung zufrieden sein.

### **4. Empirische Studie II**

Eine zweite Studie gab mithilfe von quantitativen und qualitativen Methoden eine Übersicht der derzeit vorhandenen Usability-Probleme bei Verkaufsverpackungen.

Dabei wurden im ersten Schritt anhand einer Expertenevaluation, auf Grundlage der zur Aufgabenbewältigung notwendigen und sich im Alter verändernden menschlichen Leistungsfaktoren, problematisch erscheinende Verpackungstypen identifiziert. Neben Verpackungen ohne Öffnungsmechanismus, wie eingeschweißte Produkte, wurden auch Verpackungen mit Öffnungsmechanismus ausgewählt, da bei diesen eine schlechte Erkennbarkeit oder Betätigbarkeit vorlag. Die Erkennbarkeit betraf solche Öffnungsmechanismen, die weder ausreichend gekennzeichnet noch ertastet werden konnten. Beispielhaft sind hier nicht markierte Laschen zum Aufreißen von eingeschweißten Produkten zu nennen. Die Betätigbarkeit war hauptsächlich aufgrund einer zu großen Kraftaufwendung oder einer zu kleinen Fläche für die Krafteinwirkung nicht gegeben. Dies betraf vor allem Schraubverschlüsse von Gläsern jeglicher Art sowie Schraubverschlüsse von besonders kleinen Öffnungen bei Getränkekartons. Insgesamt wurden 25 Produkte ausgewählt, deren vermutete Problempunkte in einem zweiten Schritt durch Nutzertests verifiziert bzw. falsifiziert wurden. Dabei mussten die Probanden nacheinander, je nach Verpackungs- und Produkttyp verschiedene Aufgaben bewältigen, während die dafür benötigte Zeit und die Fehlerraten gemessen wurden. Um qualitative Informationen zu gewinnen wurden die Probanden anschließend mit einer audio-visuellen Aufzeichnung ihres Versuchs konfrontiert und durften diesen kommentieren. Die durchgeführten Nutzertests befinden sich derzeit noch in der Auswertung, so dass dazu noch keine Ergebnisse vorliegen.

## 5. Literatur

1. Berns, T. 1981, The handling of consumer packaging, *Applied Ergonomics*, 12, 153-161.
2. BAGSO 1999, Verpackungen als Ärgernis. Im Internet verfügbar unter: <http://www.bagso.de/982.98.html>. (12.10.2009).
3. BAGSO 2003, Ergebnisse der Befragung zum Thema Verpackungen. Im Internet verfügbar unter: [http://www.bagso.de/fileadmin/Verbraucherforum/Verpackungen\\_01.pdf](http://www.bagso.de/fileadmin/Verbraucherforum/Verpackungen_01.pdf). (12.10.2009).
4. Daams, J. & Stephan, C. 2000, Hoe ontwerp ik een gebruiksvriendelijke verpakking?, *Tijdschrift voor Ergonomie*, 25, 88-95.
5. Departement of Trade and Industry 1997, Domestic Accidents Related to Packaging. London: Consumer Safety Research.
6. DIN EN ISO 9241 Teil 11 1998, Ergonomische Anforderungen für Bürotätigkeiten mit Bildschirmgeräten - Teil 11: Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit; Leitsätze. Berlin: Beuth.
7. Ivergard, G., Hallert, I. & Mills, R. 1978, Handleability of consumer packaging – observation technique and measurement of force, *Swedish Packaging Research Institute*, Nr. 40.
8. Janson, R., Yoxall, A. & Hayes, S. 2005, Human ability and openability: Producing design limits for consumer packaging. In: *Proceedings of Include*.
9. Keil, M., Spanner-Ulmer, B., Scherf, C. 2009, Änderungen der menschlichen Leistungsfaktoren im Alter – Entwicklung eines interdisziplinären Altersmodells. In: *Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg.), Arbeit, Beschäftigungsfähigkeit und Produktivität im 21. Jahrhundert*. Dortmund: GfA Press, S. 145-148.
10. Shamshiri, A., Schaeffers, D. H., van Vulpen, A., Daams, B. J. & van Eijk, D. J. 2009, Drink Cartons, how user-friendly are they? In: *Proceedings of the 17th World Congress on Ergonomics*, Beijing, China.
11. Winder, B., Ridgway, K., Nelson, A., Baldwin, J. 2002, Food and drink packaging: who is complaining and who should be complaining, *Applied Ergonomics*, 33, 433-438.

# Usability-Untersuchungen zu E-Book-Readern

Muriel DIDIER, Sinja RÖBIG und Ralph BRUDER

*Institut für Arbeitswissenschaft, Technische Universität Darmstadt,  
Petersenstrasse 30, D-64287 Darmstadt*

**Kurzfassung:** In diesem Paper wird analysiert, wie die Usability von E-Book-Readern die Beurteilung durch die Leser beeinflusst. Dabei wurde insbesondere der Einfluss des Nutzungskontexts betrachtet. Die Ergebnisse dieser explorativen Untersuchung mit 23 Probanden zeigen, dass die Bedienung von solchen Geräten noch deutliches Verbesserungspotenzial besitzt. Ein Einfluss des Nutzungskontexts auf die Beurteilungen kann nicht ausgeschlossen werden.

**Schlüsselwörter:** E-Book-Reader, Usability.

## 1. Einleitung

In den letzten Jahren hat die Anzahl der E-Book-Reader immer weiter zugenommen. Auf dem deutschen Markt gibt es bereits mehrere Modelle, die sich in Design und Gewicht und zum Teil auch in den Funktionen unterscheiden. Viele Untersuchungen haben die Akzeptanz (Giebenhain 2007; Mundt 2007) und die Nutzbarkeit (z. B. Press 2000; Gunter 2005) von elektronischen Büchern analysiert. Die Ergebnisse sind sehr unterschiedlich, es gibt sowohl positive als auch negative Prognosen bezüglich der Zukunft von E-Book-Readern. Eine mögliche Erklärung für diese Unterschiede könnte in der Usability der Geräte liegen, insbesondere in ihrer Anpassung an Nutzerwunsch und -eigenschaft (Wilson 2002). Einige Studie zeigen, dass ein Erfolgsfaktor solcher Geräte in der Möglichkeit des Einsatzes weiterer Funktionen wie „Markieren von Texten“ oder „Vergleich von Dokumenten“ liegt (Golovchinsky 2008). Das Lesen von elektronischen Dokumenten hat sich in den letzten Jahren stark entwickelt und für die Nutzer solcher Medien sind die Bedienbarkeit, die Lesbarkeit sowie die Nutzung in unterschiedlichen Nutzungskontexten wichtige Faktoren, die die Beurteilung von E-Book-Readern beeinflussen können.

Zur Untersuchung des Einflusses der Usability von E-Book-Readern auf die allgemeine Evaluierung hat das Institut für Arbeitswissenschaft (IAD) der Technischen Universität Darmstadt eine Serie von explorativen Untersuchungen durchgeführt. In diesem Paper werden die Ergebnisse einer Untersuchung, die sich mit dem Einfluss des Nutzungskontexts auf die Beurteilung von E-Book-Readern sowie die Bedürfnisse an Funktionen von Probanden, vorgestellt.

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sollen als Ausgangspunkt zur Weiterentwicklung von E-Book-Readern dienen.

## 2. Untersuchung

Für diese Untersuchung wurde ein in Deutschland verfügbarer E-Book-Reader gewählt. Er ist kompatibel mit unterschiedlichen E-Book-Formaten und anderen Textdateiformaten, wie Adobe® PDF und Microsoft® Word. Zusätzlich unterstützt er verschiedene Bild- und Musikdateiformate. Ein Probandenkollektiv von 23 Studenten (zwischen 21 und 27 Jahre, 5 Frauen/18 Männer, 18 mit Abitur, 21 mit Deutsch als



Muttersprache) wurde für die einstündige Untersuchung ausgewählt. Bezüglich der Einstellungen ist diese Gruppe relativ homogen mit 19 Personen, welche Interesse an Technik äußerten. Das Kollektiv liest durchschnittlich 12 Stunden pro Woche und davon entfallen 8 Stunden der Beschäftigung auf Fachliteratur. Sie sind mit E-Dokumenten vertraut, jedoch besitzt kein Proband einen E-Book-Reader. Die Untersuchung dauerte 1 Stunde. In dieser Zeit wurden die Probanden gebeten mehrere Aufgaben mit dem E-Book-Reader durchzuführen, wie z.B. „Auf der Speicherkarte befindet sich ein Dokument. Öffnen Sie dieses und blättern Sie 2 Seiten“. Die zum Lesen ausgewählten Dokumente waren keine Fachliteratur, sondern Bücher aus der Kategorie „Roman“. Die Aufgaben befassen sich mit dem Leseverhalten in unterschiedlicher Arbeitsumgebung, dem Umgang mit dem Reader und den verschiedenen Funktionen des Gerätes. Um die Hypothese über den Einfluss von Nutzungskontext auf die Beurteilung zu überprüfen, wurden die Tests in zwei unterschiedlichen Räumen durchgeführt: ein Arbeitsraum mit einem Schreibtisch, einem PC, einem Telefon (11 Probanden) und ein Entspannungsraum mit 2 Sofas, einem Couchtisch und Fenstern (12 Probanden). Zur Erfassung von Meinungen, Verhalten und Beurteilungen wurden die Probanden aufgefordert, die durchgeführten Schritte laut zu erläutern ("lautes Denken") und Fragebögen vor und am Ende des Testes auszufüllen. Vor dem Test wurden Fragen zur Person gestellt (Alter, Ausbildung, etc.) sowie Fragen zum Leseverhalten, zur Einstellung bzw. Erfahrung mit elektronischen Medien und E-Text. Nach dem Test wurden Fragen auf einer 5-Punkte Skala zur allgemeinen Bewertung, Bedienung, Wichtigkeit der Funktionen gestellt sowie offene Fragen für Wünsche (vgl. Abbildung 1). Anschließend sollte die für den jeweiligen Nutzer beste und schlechteste Eigenschaft des E-Book-Readers aufgeführt werden.

Wie finden Sie...	Gefällt mir ...						keine Angabe
	überhaupt nicht	wenig	mittelmäßig	gut	sehr gut		
... die Größe des Gerätes?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
... das Gewicht des E-Book Readers?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
... die Dicke des E-Book Readers?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
... das Display des Gerätes?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
... das Lesen (Schärfe, Augenfreundlichkeit etc.)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
... das Öffnen eines Buches (Geschwindigkeit, Einfachheit etc.)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>

**Abbildung 1.** Beispiel an Fragen aus der Fragenbogen (5-Punktskala, mit einer Möglichkeit die Frage nicht zu beantworten)

### 3. Ergebnisse

Wegen der explorativen Art der Untersuchung und der relativ geringen Anzahl an Probanden wurden deskriptive Analysen durchgeführt. Zuerst wurden die zwei Probandengruppen mit 11 bzw. 12 Personen, die nach der Untersuchungskontextverteilung (Arbeitsplatz und Entspannungsraum) entstanden sind, verglichen. Dabei konnten keine signifikanten Unterschiede bezüglich des Alters, des Studiums, des Interesses an der Technik und des Leseverhaltens (Dauer und Lektüreauswahl) festge-



stellt werden. Daher wurde zur Analyse der Stärke bzw. Schwäche des E-Book-Readers das gesamte Kollektiv betrachtet. Nur bei der Analyse des Einflusses des Nutzungskontextes auf die Beurteilung wurden die Gruppen einzeln betrachtet. Eine Zusammenfassung der Ergebnisse ist in Tabelle 1 dargestellt, wobei die zwei positiven Antworten aus der 5-Punkte-Skala (siehe Abbildung 1) zu einer Bewertung zusammengefasst sind. Damit wird ein schlechterer Wert als ein Verbesserungspotential interpretiert.

Aus den 19 Fragen zur allgemeinen Beurteilung des E-Book-Readers können 7 Eigenschaften des E-Book-Readers als Verbesserungspotentiale identifiziert werden: Öffnen eines Buches, Geschwindigkeit beim Blättern, Geschwindigkeit beim Laden der Datei, Bilder anschauen, Bedienung allgemein, Menüführung, Ausschalten des Geräts. Das Gerät wurde vom Aussehen, Größe, Gewicht, Qualität der Darstellung insgesamt positiv bewertet, dagegen betreffen die Kritiken hauptsächlich die Bedienung des Gerätes. Zwei Gründe können diese Ergebnisse erklären. Das Erscheinen von E-Book-Readern auf dem Markt in der aktuellen Form wurde mit der Anwendung der E-Paper Technologie vorangetrieben (Golovchinsky 2008). Daher ist es plausibel, dass die Usability des Produkts noch nicht so intensiv untersucht wurde, um ein optimiertes Bedienungskonzept anzubieten. Eine weitere Erklärung könnte in den Gewohnheiten der Nutzer gefunden werden. Die Probanden in dieser Studie sind Studenten, die in ihrem Alltag unterschiedliche elektronische Medien benutzen und regelmäßig mit elektronischen Texten arbeiten. Sie erwarten von einem E-Book-Reader ähnliche Leistungen: Das Gerät soll schnell sein und die Bedienungsstruktur soll ähnlich zu ihrem elektronischen Medium sein, so dass die vorhandenen mentalen Konzepte der Benutzer ohne weitere Lernprozesse angewendet werden können. Wenn diese Erklärung gilt, dann sollten weitere Studien durchgeführt werden, um die Bedürfnisse aller potentiellen Nutzer berücksichtigen zu können.

**Tabelle 1:** Allgemeine positive Bewertungen: Insgesamt (%), in Arbeitsraum, in Entspannungsraum (es bedeuten: --: < 25 %; -: 25 %<..<50 %, +: 50 %<..<75 %, ++: <75 %)

Allgemeine Fragen	Positive Bewertungen insgesamt	Arbeitsraum	Entspannungsraum
1 Größe des Geräts	74%	+	++
2 Gewicht	78%	+	++
3 Dicke	92%	++	++
4 Display	39%	-	-
5 Lesen (Schärfe, präzise)	70%	+	+
6 Öffnen eines Buches	13%	--	-
7 Geschwindigkeit beim Blättern	0%	--	--
8 Geschwindigkeit beim Laden	4%	--	-
9 Bedienung über die Taste	60%	-	++
10 Darstellung des Textes	74%	+	++
11 Drei Zoomstufen	48%	-	++
12 Musik hören	44%	-	-
13 Bildern sehen	4%	-	--
14 Bedienung allgemein	13%	-	-
15 Menüführung	22%	-	-
16 Einlegen der Speicherkarte	83%	++	++
17 Einschalten	76%	+	++
18 Ausschalten	0%	--	--
19 Helligkeit, Kontrast	47%	-	-

Eine weitere Frage der Studie war die Untersuchung eines potentiellen Einflusses des Nutzungskontexts auf die Beurteilungen. Eine Gruppe führte die Untersuchung in einem Arbeitsraum (N=11) durch, während die andere Gruppe (N=12) auf einem Sofa in einem Entspannungsraum sitzen durfte. E-Book-Reader sind bisher mehr als Unterhaltungselektronik, weniger als Arbeitstools gedacht. Aus diesem Grund wurde vermutet, dass die Gruppe in dem Entspannungskontext bessere Bewertungen liefern würde und vielleicht andere Bedürfnisse bezüglich der Bedienung aufzeigte. Die Ergebnisse (vgl. Tabelle 1) zeigen, dass beide Gruppen den E-Book-Reader ähnlich beurteilt haben. Sofern es jedoch zu Abweichungen zwischen beiden Gruppen kam, wurde der E-Book Reader von der Gruppe in dem Entspannungsraum besser beurteilt, außer bei der Aufgabe „Bild sehen“. Da es viele Fenster in dem Entspannungsraum gab, war die Beleuchtungsumgebung sehr variabel. Dies hat eventuell das Sehen von Bildern beeinflusst. Zur Erklärung der eher stärkeren Kritik der Gruppe „Arbeitsraum“ kann vermutet werden, dass die Probanden dieser Gruppe erwartet haben, dass die Nutzung von E-Book-Readern ähnlich zu dem Lesen von E-Dokumenten auf klassischen E-Medien wie Laptop oder PC sein wird. Allerdings ist es mit den vorliegenden Daten nicht eindeutig feststellbar, ob die beobachteten Unterschiede in den Bewertungen eine andere Ursache haben bzw. signifikant sind.

#### 4. Zusammenfassung

Die Ergebnisse dieser Studie haben gezeigt, dass die Bedienung des E-Book-Readers Verbesserungspotentiale besitzt. Das Lesen von elektronischen Dokumenten soll als Minimum annähernd gleich schnelle und ähnliche Funktionen anbieten, wie andere aktuelle elektronische Medien. Der Nutzungskontext kann die Bewertungen leicht beeinflussen, deshalb wird bei zukünftigen Studien empfohlen, die Umgebung der Untersuchung ähnlich wie in der Realität zu gestalten.

Dieser Beitrag präsentiert die Ergebnisse einer explorativen Studie, mit einem kleinen Probandenkollektiv, das sehr homogen bezüglich des Alters, der Einstellungen und Erfahrungen ist. Aus diesem Grund können die Ergebnisse nicht direkt übertragen werden, aber sie dienen als Ausgangspunkt für weitere Untersuchungen bzw. potentiellen Entwicklungen von E-Book-Readern der Zukunft.

#### 5. Literatur

1. Giebenhain, S. & Mundt, S. 2007, Vier Jahre E-Books... und kein bisschen weise? Stuttgart: Hochschulverlag.
2. Golovchinsky, G. 2008, Reading in the office, BooksOnline '08, October 30. Napa Valley, USA: ACM, S. 21-24.
3. Gunter, B. 2005, Electronic books: A survey of users in the UK. In: Alib proceedings, Vol. 57, n° 6, S. 513-522.
4. Mundt S. 2007, Akzeptanz und Nutzung von E-Books: Eine Literaturstudie. In: S. Giebenhain & S. Mundt (Hrsg.), Vier Jahre E-Books... und kein bisschen weise? Stuttgart: Hochschulverlag, S. 37-72.
5. Press, L. 2000, From P-books to E-books, Communication ACM, May 2000, Vol.43, n°5, S. 17-21.
6. Wilson, R. 2002, The „Look and Feel“ of an Ebook: consideration in interface design, Symposium of applied Computing, March 11-14, 2002. Spain.

## **Doktorandenwerkstatt**



# Affektbezogene Verhaltensinterferenzen, Teamprozesse und operative Sicherheit auf der Schiffsbrücke

Georgios ATHANASSIOU

*Institut für Arbeitswissenschaft, Universität Kassel,  
Heinrich-Plett-Str. 40, D-34132 Kassel*

**Kurzfassung:** Im Rahmen dieser geplanten empirischen Studie werden Effekte arbeitsbedingter, affektbezogener Verhaltensinterferenzen auf das operative Verhalten und die menschliche Zuverlässigkeit in maritimen Operationen untersucht. Mögliche Effekte, die auf die operative Erfahrung zurückzuführen sind, sowie die Rolle der nicht technischen Fertigkeiten für das operative Verhalten werden mitberücksichtigt. Die Studie wird im Schiffführungssimulator der FH Oldenburg / Wilhelmshaven / Elsfleth in Elsfleth durchgeführt.

**Schlüsselwörter:** Affektbezogene Verhaltensinterferenzen, nicht technische Fertigkeiten, menschliche Zuverlässigkeit.

## 1 Einleitung

Die hohe Zuverlässigkeit und die Gesamtsicherheit des Systems stellen eine wichtige Voraussetzung des operativen Erfolgs für den Bereich des kommerziellen Seefahrtswesens dar. Dennoch kommt es in der Seefahrt trotz stetiger technologischer Entwicklungen und technisch hochqualifizierten Personals immer wieder zu Unfällen, die menschliche Opfer und enorme Kosten für die Umwelt verursachen. Im Rahmen von Unfallanalysen und Erklärungsbemühungen wird sehr oft die Rolle des menschlichen Elements als beitragender Faktor zur Entstehung von Unfällen diskutiert. Die Rolle des menschlichen Elements wird in diesem Kontext traditionell in der Beherrschung der sogenannten technischen Fertigkeiten gesehen. Diese stellen technische und psychomotorische Kenntnisse und Fertigkeiten dar, die mit der technischen Expertise und der Entwicklung von kognitiven Aspekten der Wahrnehmung, Bedienung und Steuerung der technischen Systemkomponenten zusammenhängen und die für die Steuerung und die Kontrolle des Systems unerlässlich sind (Thomas 2004). Es sind sehr häufig diese nutzerbezogenen Aspekte, die als kritisch für einen möglichen Zusammenbruch der Systemsicherheit betrachtet werden (Reason 1997). Es ist allerdings nicht das menschliche Verhalten vereinzelt, sondern die sicherheitsrelevante Interaktion der menschlichen und der technischen Komponenten miteinander und deren Betrachtung als ein in seiner Funktion eng gekoppeltes Gesamtsystem, die in den letzten Jahren im Fokus der Fehler- und Zuverlässigkeitsforschung stehen (Sträter & Bubb 2003; Sträter 2005; Dekker 2006; Reason 2008).

Beim Versuch, die Rolle des Menschen für die Sicherheit des Gesamtsystems aufzudecken, ist es wichtig, Aspekte des menschlichen Verhaltens zu untersuchen, welche als Teil des operativen Alltags betrachtet werden und eine potentiell kritische Relevanz für die „Mensch-Maschine“ Interaktion und für das damit zusammenhängende potenzielle Risiko für die Systemsicherheit haben können. Solche Aspekte, die im Fokus des geplanten Vorgehens stehen, sind die affektbezogenen Verhaltensinterferenzen, die Ausprägung nicht technischer Fertigkeiten und die operative Erfahrung in maritimen Aufgaben.

## 2 Theoretische Grundlagen

### 2.1 Affektbezogene Verhaltensinterferenzen

Theoretische Ansätze zur Modellierung des menschlichen Verhaltens haben in der Vergangenheit auf den entscheidenden Einfluss solcher affektbezogenen Verhaltensaspekte auf den kognitiven Aspekt der Informationsverarbeitungs-, Entscheidungs- und Handlungsprozesse des menschlichen Verhaltens sowie auf die Tendenz zu risikobehafteten Verhaltensweisen hingewiesen (Lerner & Keltner 2001; Sträter 2005).

Eine genauere Untersuchung der Auswirkung arbeitsbedingter, affektbezogener Aspekte auf die Interaktion der Systemnutzer mit ihrer operativen Umgebung und weiterhin auf die effektive und sicherheitsgerechte Überwachung und Steuerung des Systems kann dazu beitragen, die potenziell sicherheitskritische Verhaltensvariabilität der Systemnutzer weiter erklären und vorhersagen zu können, und dadurch die gesamte Systemsicherheit in der Seefahrt zu erhöhen.

### 2.2 Nicht technische Fertigkeiten (*non-technical-skills*, NTS)

Flin et al. (2008, S. 1) definieren NTS als „the cognitive, social and personal resource skills that complement technical skills and contribute to safe and efficient performance“.

Die systematische Untersuchung und Entwicklung der nicht technischen Fertigkeiten haben für die Systemzuverlässigkeit und Systemsicherheit viel an Bedeutung gewonnen. Dies gilt besonders für die Systemnutzer, die am „scharfen Ende“ des Systems arbeiten (Reason 1997).

Angesichts der Wichtigkeit von Teamprozessen für die Steuerung komplexer Systeme werden die NTS sowohl auf individueller als auch auf Teamebene als ein lebenswichtiger Aspekt für die sichere und effiziente Durchführung von Arbeitsprozessen und interdependenten Aufgaben betrachtet (Flin et al. 2008).

### 2.3 Menschliche Zuverlässigkeit und Fehler

Die menschliche Zuverlässigkeit stellt „die Wahrscheinlichkeit, eine Aufgabe unter vorgegebenen Bedingungen für ein gegebenes Zeitintervall im Akzeptanzbereich durchzuführen“ dar (Bubb 1990, S. 288). In dieser Definition wird der Aspekt des menschlichen Fehlers impliziert.

Fehler sind ein unvermeidbarer und innewohnender Aspekt der normalen Systemoperation. Kritisch ist, dass begangene Fehler so lange unentdeckt bleiben und sich weiter in den operativen Prozess einschleichen; sie können die Sicherheit des Systems negativ beeinflussen. Angesichts der möglichen negativen Folgen einer solchen Entwicklung wird deutlich, dass einer frühen Erkennung und Behebung von Fehlern bzw. situationsungeeigneten Handlungen seitens der Brückencrew eine große Bedeutung für die Sicherheit des gesamten Systems beigemessen wird. Durch das aktive Fehlermanagement wird der handelnde Mensch ein zusätzlicher Sicherheitsfaktor, der sowohl den normalen Zustand des Systems weitgehend begleitet als auch diesen im Falle einer abweichenden, kritischen und potentiell gefährlichen Situation (z. B. Systemstörung) wiederherstellt (Sträter 2005; Reason 2008).



## 2.4 Erfahrung

Unsere früheren und aktuellen Lebenserfahrungen beeinflussen und bestimmen fortwährend die Entwicklung und die Gestaltung unseres Wissens, unserer Fertigkeiten und Verhaltensweisen (Tesluk & Jacobs 1998). Die operative Erfahrung in komplexen Systemen stellt einen extrem bedeutenden leistungsbeeinflussenden Faktor dar, der sowohl die Qualität der erbrachten Leistung als auch die Art und Anzahl der Fehler bestimmen kann (Reason 1997; Sträter 2005).

## 3 Eigene Untersuchung

### 3.1 Wissenschaftliches Ziel der geplanten Studie

Ziel der geplanten empirischen Studie ist die systematische Untersuchung möglicher Effekte von arbeitsbedingten affektauslösenden Stressoren und den damit verbundenen affektbezogenen Reaktionen auf das sicherheitskritische operative Verhalten von Brückencrews bei der Durchführung einer Schiffführungsaufgabe. Mögliche Erkenntnisse werden Aussagen über die Auswirkung der affektbezogenen Verhaltensinterferenzen auf die – hauptsächlich als kognitiv anzusehenden – Arbeitsprozesse der Systemsteuerung und Systemüberwachung erlauben.

### 3.2 Fragestellung

Folgende Forschungsfrage wird abgeleitet:

Unterscheiden sich das operative Verhalten und die sicherheitsbezogene Leistung von Brückenteams in Abhängigkeit von den emotionalen Anforderungen der Arbeitssituation?

Aus der Forschungsfrage lassen sich folgende Fragestellungen ableiten:

- Gibt es Unterschiede bezüglich der Fehlhandlungen und des Fehlermanagements von Brückenteams, die auf eine affektbezogene Aktivierung zurückzuführen sind?
- Gibt es Unterschiede bezüglich der Blickverhaltensmuster der Brückenteams während der Durchführung der Aufgabe, die auf die affektbezogene Aktivierung zurückzuführen sind?
- Gibt es Unterschiede bezüglich der emotionalen Ereignisbewertung und der damit verbundenen Verhaltenstendenzen zwischen Experten und Novizen bei Arbeitssituationen, die mit einer affektbezogenen Aktivierung einhergehen?
- Wie beeinflusst die Ausprägung der nicht technischen Fertigkeiten die sicherheitskritische Leistung von Brückencrews?

### 3.3 Geplante Methodik

Der empirische Teil der geplanten Studie wird im Schiffführungssimulator in Elmfleth durchgeführt werden. Als Versuchsteilnehmer werden Studierende im 8. Semester der Fachrichtung Nautik sowie erfahrene Brückenoffiziere fungieren.

Halbstrukturierte Interviews mit erfahrenen Brückenoffizieren werden durchgeführt, um die wesentlichsten arbeitsbedingten affektauslösenden Stressoren abzuleiten.

Für die empirische Hauptuntersuchung ist ein 2x2 gemischtes faktorielles Untersuchungsdesign geplant. Auf Basis derselben maritimen Aufgabe werden zwei un-

terschiedliche Szenarien generiert:

- Die Durchführung der Aufgabe ohne induzierte affektauslösende Stressoren. Dieses Szenario wird den kognitiven Anforderungen aus der maritimen Aufgabe entsprechen und wird als Basiswert dienen.
- Die Durchführung der Aufgabe mit inhaltlich und zeitlich standardisierten affektauslösenden Stressoren, wie diese aus den Interviews abgeleitet werden. Dieses Szenario wird einer Situation mit kombinierten kognitiven und emotionalen Aufgabenanforderungen entsprechen.

Mögliche Erkenntnisse über die zu untersuchenden Effekte werden sich durch den Vergleich des operativen Verhaltens in den beiden Szenarien ergeben.

Da die Ermittlung erfahrungsgeleiteter Unterschiede zwischen Experten und Novizen ebenso einen wichtigen Aspekt der Untersuchung darstellt, ist ein Vergleich zwischen diesen Nutzergruppen geplant.

Die Ermittlung des kognitiven Verhaltens bzw. der Teamprozesse während des operativen Vorgehens wird mit Hilfe der Erfassung und Analyse des Blickverhaltens erfolgen.

Für die Ermittlung der Ausprägung der nicht technischen Fertigkeiten ist die Erfassung und Evaluation der beobachteten Verhaltensweisen durch ein entsprechendes Klassifikationssystem vorgesehen.

Für die Erfassung der Fehler und des Fehlermanagements der Crew wird die Methode CAHR zur Ereignisanalyse eingesetzt (Sträter 1997).

#### 4. Literatur

1. Bubb, H. 1990, Bewertung und Vorhersage der Systemzuverlässigkeit. In: C.G. Hoyos & B. Zimolong (Hrsg.), Ingenieurspsychologie, Enzyklopädie der Psychologie, Band 2. Göttingen: Hogrefe, S. 285-312.
2. Dekker, S. 2006, The Field Guide to Understanding Human Error. Adlershot: Ashgate
3. Flin, R., O'Connor, P. & Crichton, M. 2008, Safety at the sharp end: A Guide to Non-Technical Skills. Adlershot: Ashgate
4. Hollnagel, E. 1998, CREAM: Cognitive Reliability and Error Analysis Method. Oxford: Elsevier.
5. Lerner, J. & Keltner, D. 2001, Fear, Anger, and Risk, Journal of Personality & Social Psychology, 81, 146-159.
6. Reason, J. 1997, Managing the Risks of Organizational Accidents. Adlershot: Ashgate.
7. Reason, J. 2008, The Human Contribution: Unsafe Acts, Accidents and Heroic Recoveries. Surrey: Ashgate
8. Sträter, O. 1997, Beurteilung der menschlichen Zuverlässigkeit auf der Basis von Betriebserfahrung, Dissertation. Köln: Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS).
9. Sträter, O. 2005, Cognition & Safety: An Integrated Approach to Systems Design and Assessment. Adlershot: Ashgate
10. Sträter, O. & Bubb, H. 2003, Design of Systems in Settings with Remote Access to Cognitive Performance. In: E. Hollnagel (ed.), Handbook of Cognitive Task Design. New Jersey: Erlbaum.
11. Tesluk, E.P. & Jacobs R.R. 1998, Toward an integrated model of work experience, Personnel Psychology, 51, 321-355.
12. Thomas, M.J. W. 2004, Predictors of Threat and Error Management: Identification of Core Non-technical Skills and Implications for Training Systems Design, The International Journal of Aviation Psychology, 14, 207-231.

# Die Wirkung von Klimafaktoren auf die Zufriedenheit des arbeitenden Menschen am Beispiel von Leitzentralen

Sven BINKOWSKI

*Lehrgebiet Arbeitswissenschaft/ Arbeitspsychologie,  
Brandenburgische Technische Universität Cottbus,  
Siemens-Halske-Ring 14, D-03046 Cottbus*

**Kurzfassung:** Im Vergleich der Klimamodelle von Fanger und Mayer konnte bei der Untersuchung von Kraftwerksleitzentralen festgestellt werden, dass in der praktischen Anwendung von PPD-Werten nur begrenzt realistische Vorhersagen der Zufriedenheit möglich sind. Allerdings erscheinen die höheren Unzufriedenheitsprognosen von Mayers Modell eher dem Empfinden der Befragten zu entsprechen.

**Schlüsselwörter:** Leitzentralen, Thermische Behaglichkeit, Predicted Mean Vote (PMV), Predicted Percentage of Dissatisfied (PPD).

## 1. Einleitung

Im Rahmen der internationalen Standardisierung der ergonomischen Gestaltung von Leitzentralen wurde seit 2001 eine umfassende Norm geschaffen. Die DIN EN ISO 11064-Reihe umfasst die Vorgabe von Standards hinsichtlich der Dimensionierung von Wartenräumen und Arbeitsplätzen, der Charakteristiken von Anzeigen und Stellteilen, der Umgebungsbedingungen sowie der entsprechenden Analysemethoden und Prüfkriterien. Die im sechsten Teil seit 2005 festgelegten umgebungsbezogenen Anforderungen wurden in mehrjährigen Studien auf ihre Praxistauglichkeit geprüft (Hoppe & Binkowski 2006). In elf Leitzentralen an fünf Kraftwerksstandorten wurden Befragungen durchgeführt und Klimadaten erhoben. Ziel war es, die thermische Behaglichkeit sowohl anhand der Messwerte als auch der Befragungsdaten zu evaluieren. Hierfür wurden 322 Probanden befragt. Abschließend standen 186 Datensätze zur Verfügung.

## 2. Grundlagen

In Abschnitt 4 der DIN EN ISO 11064-6 wird zwar die Behaglichkeit als wichtige qualitative Eigenschaft von Leitzentralen gefordert, jedoch werden nur statische Werte für die thermische Umgebung in Anlehnung an DIN EN ISO 7730 vorgegeben. Gerade aufgrund der Vollklimatisierung der Räumen, einer Dauerüberwachungstätigkeit in zumeist sitzender Körperhaltung und ständiger Präsenz am Arbeitsplatz in den untersuchten Leitzentralen erscheint es besonderes wichtig, das Behaglichkeitsempfinden im Zusammenhang mit der Wahrnehmung von Arbeitszufriedenheit zu betrachten.

Thermische Behaglichkeit ist definiert als der klimatische Zustand, bei dem eine Person sich zufrieden fühlt, d.h. weder wärmere noch kältere Bedingungen erwartet (Fanger 1970, S. 152). Der Begriff der Erwartung impliziert einen bewussten oder unbewussten Soll-Ist-Vergleich. Bewegen sich die Klimagrößen in ihrer Gesamtwirkung in einem behaglichen Intervall, so ist von einer eher unbewussten Wahrneh-

mung auszugehen. Die empfindungsneutrale Wahrnehmung lässt sich seitens des Belastungs-Beanspruchungs-Modells daher als belastungsoptimal beschreiben. Zur Vorhersage der Behaglichkeit einer Klimasituation kann in Innenräumen der Predicted-Mean-Vote (PMV) nach FANGER Verwendung finden. Dieses Klimasummenmaß wird in ISO 7730 für praktische Bewertungen empfohlen. Anhand der PMV-Werte lassen sich die potenziell mit den klimatischen Bedingungen Unzufriedenen als Predicted-Percentage-of-Dissatisfied (PPD) berechnen.

Eine Diskussion zur besseren Zuordnung von PMV und PPD wurde 1990 von Mayer angeregt. Seine Kritik richtet sich auf die definitorische Zuordnung der Bewertungsskalen von Fanger. Der Ausprägung "leicht kühl" wird offensichtlich nicht die entsprechende Wichtung gegeben. Auf der siebenstufigen Bewertungsskala nach Fanger wurden nur die Positionen '-3' und '-2' als Kälteempfinden berücksichtigt. Ein Abkühlen der Hautoberfläche und der Thermorezeptoren durch Temperaturabsenkung oder verstärkter Konvektion führt zu einem deutlich unbehaglicheren Empfinden als die leichte Erwärmung. Ein behagliches Klima ist demnach erst bei einem PMV von ca. +0,5 gegeben. Gleichzeitig verlagert sich das Minimum von statistisch mit dem Klima Unzufriedenen von 5% auf 15% (Mayer & Schwab 1990, S. 25-26; Mayer 1998, S. 575–577). Für Personen, die keinen Einfluss auf die Parameter Temperatur und Luftbewegung nehmen können, wird mit diesem Modell die Vorhersage verbessert. Im Vergleich konnten für das Fanger'sche Modell generell keine guten Vorhersagen erreicht werden. Für mechanisch belüftete Räume liefert die operative Temperatur nach Mayer (Hellwig & Bischof 2006, S. 133–135) die besten Prognosen. Auch in Leitzentralen könnte aufgrund der Vollklimatisierung eher das Modell nach Mayer anwendbar sein.

### 3. Methode

Zur Prüfung der mathematischen Vorhersagbarkeit von unzufriedenen Mitarbeitern wurden eine Methodik aus Messungen und Befragungen entwickelt. Hiermit sollte es, bei entsprechend großen Stichproben, möglich sein, den Anteil der sich unzufrieden äußern Mitarbeiter mit dem mathematischen Klimamodellen zu vergleichen.

Für die Bestimmung der Klimasummenmaße wurden aufgrund der Beobachtung typischer Arbeitsbekleidung in den Kraftwerkswarten Bekleidungsisolationswerte von 0,9, 1,0 und 1,1clo angenommen. Diese Differenzierung wurde notwendig, da die Probanden bei gleichen Umgebungsbedingungen unterschiedlich bekleidet waren. Um sowohl für die leichteren als auch schweren Bekleidungskombinationen die Zufriedenheit vorhersagen zu können, wurde eine auswertbare Spannweite (Minimum/Maximum) geschaffen. Die Energieumsätze der arbeitenden Menschen sind als "leichte, vorwiegend sitzende Tätigkeit" mit 1,2met beschreibbar (DIN EN ISO 7730:2006-05 Anhänge B und C).

Neben anderen Bewertungen wurden in dem Fragebogen drei Items zur Zufriedenheit mit der Raumtemperatur, Luftfeuchte und Luftgeschwindigkeit erstellt. Wärmestrahlung wurde in Vorstudien als nicht relevant ausgeschlossen. Für die Erhebung sollte statt einer ungeraden Skalenteilung eine gerade Verwendung finden. Das erlaubt neben statistischen Analysen der Daten auch die nachträgliche Clusterung der Sechsserskala in drei gleichgroße Skalenteile. Hierdurch lassen sich jeweils zwei Intervalle zu einer Bewertungsgruppe zusammenfassen: „sehr zufrieden“, „neutrale Bewertung“ und „unzufrieden“.

#### 4. Ergebnisse

Tabelle 1 zeigt die einzelnen Leitzentralen und die jeweiligen Befragungsrückläufe. Die abgefragten Zufriedenheiten mit Temperatur, Luftfeuchte und Luftgeschwindigkeit wurde zuerst zu einer gemeinsamen Aussage „Gesamtklima“ zusammengeführt. Die Skalenpositionen, die Unzufriedenheit angeben, wurden für einen ersten Vergleich mit den PPD-Werten herangezogen. Als zweiter Vergleich diente die Annahme, dass die allein stehende negative Wahrnehmung des einzelnen Klimafaktors bereits zu grundlegender Unzufriedenheit führt. Daher wurde der insgesamt höchste Anteil negativer Bewertungen aufgelistet. Eine Ausnahme bildet Leitzentrale A, bei der die Itemunterteilung noch nicht vorlag, so dass lediglich die Zufriedenheit mit dem Gesamtklima abgefragt wurde.

**Tabelle 1:** Vergleich der Unzufriedenheit mit dem Klima aus der Befragung und den berechneten PPD-Werten aus den durchgeführten Messungen

Leitzentrale	n =	Unzufrieden mit Gesamtklima	PPD <sub>Fanger</sub>			PPD <sub>Mayer</sub>			Unzufrieden mit Klimafaktor
			Minimal	Mittel	Maximal	Minimal	Mittel	Maximal	
A	19	15,8	7,2		14,3	15,8		18,9	15,8
B	5	20,0	5,1		12,1	15,8		25,9	40,0
C	13	10,3	5,4		12,8	15,7		19,4	15,4
D	18	14,8	6,5		13,5	15,8		18,3	27,8
E	28	32,5	5,1		9,2	15,8		21,4	42,9
F	10	14,1	5,1		16,7	15,8		23,9	22,2
G	6	22,2	5,6		15,8	15,8		20,2	33,3
H	37	43,0	5,1		9,2	15,8		33,6	59,5
I	23	21,7	5,1		8,3	15,9		27,6	26,1
J	19	3,6	5,0		12,9	15,8		24,3	5,6
K	6	11,1	6,1		13,3	15,8		18,2	16,7

 Zuordnung der mit dem Gesamtklima Unzufriedenen zu den PPD-Werten

 Zuordnung der mit einem Klimafaktor besonders Unzufriedenen zu den PPD-Werten

 Überschneidung beider Zuordnungen

Die PPD-Werte wurde nach dem Algorithmus nach Fanger und Mayer für die drei Bekleidungskombinationen berechnet, wodurch sich Minimal- und Maximalanzahl potenziell mit der Klimasituation unzufriedener Menschen ergeben. Daneben wird die Kategorie „Mittel“ geführt, die etwa dem Mittelwert zwischen den beiden Extrema entspricht. Bei Betrachtung der mit dem Gesamtklima unzufriedenen Beschäftigten zeigt sich, dass in vier Fällen der PPD<sub>Fanger</sub> und in drei Fällen der PPD<sub>Mayer</sub> annehmbare Ergebnisse liefert. Für Untersuchungsobjekt D lag die Bewertung genau zwischen den Berechnungen. Drei Leitzentralen wurde viel schlechter bewertet, als die Berechnung vorhersagte. Für die höchste Unzufriedenheit mit einem einzelnen Klimafaktor ist lediglich nur in einem Fall der PPD<sub>Fanger</sub> aussagekräftig, in fünf Fällen der PPD<sub>Mayer</sub>. In fünf Leitzentralen war die mathematische Vorhersage vollkommen unzureichend.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass der PPD<sub>Mayer</sub> in sechs von elf Fällen eine ungefähre Vorhersage erlaubt, wohingegen der PPD<sub>Fanger</sub> nur in vier Fällen vergleichbare Ergebnisse liefert. Die Zusammenführung der Einzelfaktoren zur Aussage des Gesamtklimas beinhaltet allerdings die Annahme einer Gleichgewichtung der drei Klimafaktoren. Daher wurden auch die höchsten Unzufriedenheitsangaben geprüft. Diese scheinen eher den PPD<sub>Mayer</sub> zu stützen. In vier Fällen zeigten



sich beide betrachteten Klimamodelle als unzureichend, da die Befragungsergebnisse ca. 1,5- bis 2,0-mal höhere Unzufriedenheiten ergaben, als aus den Messungen ableitbar war.

## 5. Fazit

Zur Klimabewertung von Leitzentralen kann eine Präferenz für das Mayer'sche Klimamodell gesehen werden. Jedoch werden auch hiermit nicht alle Zufriedenheiten bzw. Unzufriedenheiten erklärt. Die aufgeworfenen Probleme der Behaglichkeitsvorhersage und die Aussagekraft von Klimamodellen müssen daher weiter hinterfragt werden (vgl. auch van Hoof 2008). Es wird davon ausgegangen, dass die Bewertung der thermischen Bedingungen von weiteren Faktoren abhängig ist oder durch andere Effekte verzerrt wird. Insbesondere die Unzufriedenheit mit anderen Komponenten des Arbeitssystems kann zu einer erhöhten Sensibilität gegenüber dem Klima oder zu einer bewusst negativen Wertung führen.

In weiteren Forschungsarbeiten sollen die gewonnenen einzelnen Klimadaten weitergehend ausgewertet werden. Insbesondere die Klärung des Einflusses der Beleuchtung auf das thermische Empfinden ist als wichtiges Teilziel angesetzt. Sowohl die Beleuchtungsstärke als auch Gleichmäßigkeit der Beleuchtung und der Einfluss des Tageslichtes werden mit den thermischen Analysen verglichen. Im Ergebnis der Dissertation soll aufgezeigt werden, welche klimatischen Bedingungen in vollklimatisierten Leitzentralen zufriedenheitsfördernd und welche tolerierbar sind. Daraus soll ein Leitfaden für die behagliche Gestaltung von Leitzentralen entstehen.

## 6. Literatur

1. DIN EN ISO 7730: 2006-05, Ergonomie der thermischen Umgebung - Analytische Bestimmung und Interpretation der thermischen Behaglichkeit durch Berechnung des PMV- und des PPDIndexes und Kriterien der lokalen thermischen Behaglichkeit. Berlin: Beuth.
2. DIN EN ISO 11064-6:2005-10, Ergonomische Gestaltung von Leitzentralen. Teil 6: Umgebungsbezogene Anforderungen an Leitzentralen. Berlin: Beuth.
3. Fanger, P.O. 1970, Conditions for thermal comfort. Introduction of a general comfort equation. In: J.D. Hardy, A.P. Gagge & J.A.J. Stolwijk (ed.), Physiological and behavioural temperature regulation. Springfield, Ill.: Charles C. Thomas, S. 152-176.
4. Hellwig, R.T. & Bischof, W. 2006, Gültigkeit thermischer Behaglichkeitsmodelle, Bauphysik, 28, 131-136.
5. Hoppe, A. & Binkowski, S. 2006, Prozess- und Arbeitsplatzoptimierung in Kraftwerks-Blockwarten - eine arbeitswissenschaftlich/ arbeitspsychologische Untersuchung unter Berücksichtigung von Technikstress, Zeitschrift für Arbeitswissenschaft, 60, 133-139.
6. Mayer, E. & Schwab, R. 1990, Untersuchung der physikalischen Ursachen von Zugluft, Gesundheits-Ingenieur - Haustechnik - Bauphysik - Umwelttechnik, 111, 17-30.
7. Mayer, E. 1998, Ist die bisherige Zuordnung von PMV und PPD noch richtig?, KI Luft- und Kältetechnik, 12, 575-577.
8. van Hoof, J. 2008, Forty years of Fanger's model of thermal comfort: comfort for all?, Indoor Air, 18, 182-201.



# Bewegungsprädiktion zur Steigerung der Effizienz von Mensch-Roboter-Kooperationen

Dino BORTOT und Klaus BENGLER

*Lehrstuhl für Ergonomie, Technische Universität München,  
Boltzmannstraße 15, D-85748 Garching*

**Kurzfassung:** Verschiedene Faktoren wie bspw. der demografische Wandel oder auch der größer werdende Anteil an Kleinserienproduktionen führen dazu, dass die bisherige physische Entkopplung von Mensch und Roboter in der Produktion in den kommenden Jahren verschwinden wird. Infolgedessen werden mehrere Formen der räumlichen und zeitlichen Kooperation denkbar. Mensch-Roboter-Kooperationen (MRK) werden im Laufe ihrer Entwicklung nicht nur an ihrer grundsätzlichen Anwendbarkeit, sondern insbesondere auch an ihrer Effizienz gemessen werden. Im nachfolgend vorgestellten Forschungsvorhaben wird versucht, das menschliche Bewegungsverhalten in einer MRK mithilfe von Bewegungsmodellen zu prädictieren, um somit durch eine rechtzeitige Neuplanung der Robotertrajektorien Systemausfälle zu vermeiden. Eine Erhöhung der Systemeffizienz wäre die Folge.

**Schlüsselwörter:** Mensch-Roboter-Kooperation, Sicherheit, Effizienz, Bewegungsmodellierung.

## 1. Mensch-Roboter-Kooperationen in der Produktion

Produktionsarbeitsplätze werden sich aufgrund mehrerer, unterschiedlicher Faktoren im Laufe der kommenden Jahre und Jahrzehnte deutlich wandeln. Die Voraussetzung für das Ende des ausschließlich zeitlich und örtlich getrennten Einsatzes von Robotern und Menschen wurde in jüngster Vergangenheit durch neue Normen geschaffen (IEC61508). Bereits heute lassen sich einzelne Anwendungsfälle von MRKs in der Produktion finden. Verschiedene Gründe sprechen für eine Realisierung des Zusammenarbeitens von Menschen und Robotern: Der demografische Wandel bewirkt einhergehend mit einer Zunahme des durchschnittlichen Alters der Erwerbstätigen in produzierenden Unternehmen von 41 Jahren im Jahr 2006 auf 46 Jahre im Jahr 2013 ein verändertes Leistungsprofil der Mitarbeiter (Gerhäuser 2009). Neben zweifelsohne positiven Leistungswandlungen, bspw. aufgrund der größeren Erfahrung gegenüber jüngeren Mitarbeitern, sinkt jedoch ihre körperliche Leistungsfähigkeit. Insbesondere verminderte Kräfte zum Handhaben von Lasten können durch Roboterunterstützung kompensiert werden. Neben der Altersentwicklung der Erwerbstätigkeiten gibt es eine Vielzahl weiterer Faktoren, weswegen der Einsatz von MRKs in der Produktion zukünftig eine wichtige Rolle spielen wird. Tabelle 1 stellt Vorzüge und Nachteile beider Beteiligter dar und verdeutlicht, wie sich die beiden Interaktionspartner ergänzen. Aktuell realisierte Systeme unterbinden aufgrund von hohen Warte- und Nebenzeiten sowie einzuhaltenden Sicherheitsabständen eine direkte MRK (verursacht durch sicherheitstechnische Vorschriften); die Arbeitsräume von Werker und Roboter sind entsprechend zeitlich und örtlich voneinander getrennt. Löst man eine dieser beiden Grenzen, ergibt sich ein synchronisiertes Arbeiten (Auf-

heben der zeitlichen Trennung: aufeinander abgestimmtes, zeitlich versetztes Arbeiten) oder ein autarkes Arbeiten der beiden Kooperationspartner (Aufheben der örtlichen Trennung: paralleles, unabhängiges Arbeiten). Kooperierendes Arbeiten liegt vor, wenn beide Grenzen geöffnet werden und Mensch und Roboter unmittelbar miteinander interagieren (Thiemermann 2005). Die nachfolgend beschriebenen Forschungsvorhaben untersuchen kooperierende Systeme, denen weder zeitliche noch örtliche Grenzen sind gesetzt.

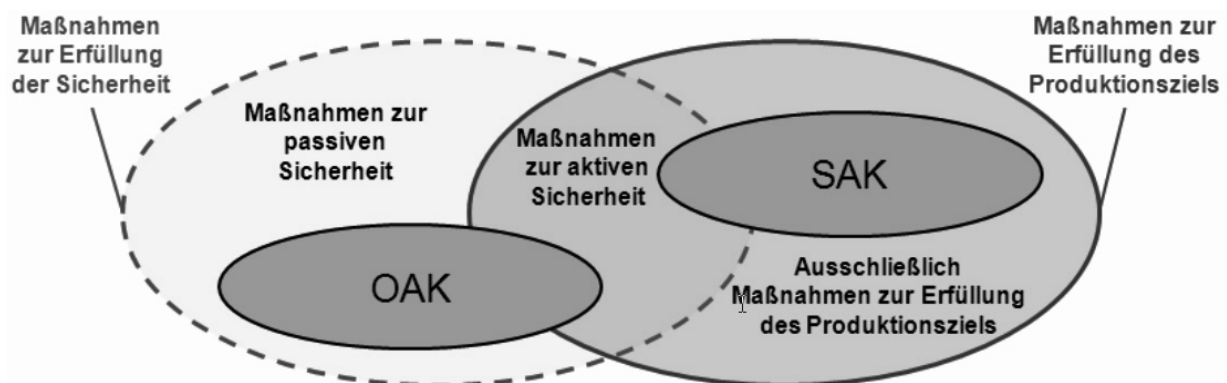
**Tabelle 1:** Komplementäre Eigenschaften von Menschen und Industrierobotern ermöglichen vielfältige Einsatzgebiete (M=Mensch, R=Roboter)

Schwäche des ersten Partner	Stärke des zweiten Partner	Systemperformanz
<b>M:</b> ergonomische Einschränkungen beim Handhaben von Lasten	<b>R:</b> Handhaben scharfkantiger, schwerer Lasten	✓
<b>M:</b> unzuverlässige Prozesskontrolle	<b>R:</b> integrierte Prozesskontrolle	✓
<b>R:</b> Handhaben durch Bauteileigenschaft eingeschränkt	<b>M:</b> Handhaben komplexer Bauteile	✓
<b>R:</b> starre Abarbeitung der Aufgaben	<b>M:</b> aufgabenflexibel	✓

## 2. Architektur des geplanten kooperierenden Systems

Um den sicherheitstechnischen Anforderungen gerecht zu werden und gleichzeitig effizient zu arbeiten, wird die Steuerungsarchitektur des Roboters in die beiden Hauptkomponenten „Strategische Automatisierungskomponente“ (SAK) und „Operative Automatisierungskomponente“ (OAK) geteilt. Dabei sorgt die OAK für die Einhaltung aller sicherheitsrelevanten Anforderungen, während die SAK das Ziel hat, das Produktionsziel möglichst effektiv zu erreichen. Für die Auslegung der SAK ist daher kein Sicherheitsnachweis zu erbringen (Kain et al. 2007).

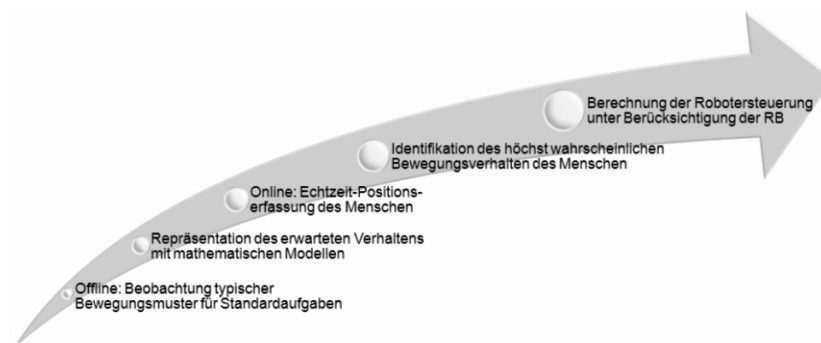
Oftmals werden Maßnahmen, die dem Erreichen von Sicherheit auf Kosten der Produktivität dienen (z. B. Not-Aus), als Maßnahmen der passiven Sicherheit bezeichnet. Andere Bestandteile des Systems sorgen für eine möglichst hohe Produktivität/Effizienz. Beide Teilaspekte vereint bilden das erwünschte Ziel einer sowohl sicheren als auch effizienten Produktion. Abbildung 1 stellt diesen Bereich als Schnittmenge der beiden großen Ellipsen dar (Maßnahmen zur aktiven Sicherheit).



**Abbildung 1:** Aufgabenbereiche der Komponenten SAK und OAK (Konzeptdarstellung des Projekts EsMiP)

### 3. Prädiktion von Bewegungen als Eingabeparameter für die SAK

Grundlage der SAK ist ein Optimierungsalgorithmus, der modellbasiert effiziente und zielerreichende Steuersignale berechnet. Seine Einflussgrößen sind sowohl die prädizierenden Daten zum Verhalten der Steuerungskomponenten (OAK und Standard-Steuerung des Roboters), als auch jene Daten, die aus den Modellen zum künftigen Verhalten des Menschen stammen (Ding et al. 2009a,b). Das Verhalten des Menschen ist grundsätzlich nicht deterministisch und kaum prognostizierbar. Sein Bewegungsverhalten unterliegt jedoch gewissen Einschränkungen/Gesetzmäßigkeiten, die eine Modellierung und somit auch eine – zumindest kurzweilige – Vorhersage der nächsten Bewegungsabschnitte erheblich verbessern könnten. Anatomische Restriktionen (bspw. eingeschränkte Freiheitsgrade von Gelenken) sorgen dafür, dass sich bestimmte Winkel zwischen einzelnen Körperteilen nicht einstellen können (ohne den Menschen dabei zu verletzen). Des Weiteren spielen Gesetzmäßigkeiten des menschlichen Bewegungsverhaltens eine wichtige Rolle für die Modellierung: Typische Gehgeschwindigkeiten und Beschleunigungen während des Gehens resultieren in mit Wahrscheinlichkeiten behafteten Ortskoordinaten für menschliche Körper(teile) für den weiteren Verlauf der Bewegung. Diese Größen hängen unmittelbar von der zu erledigenden Aufgabe ab, d. h. das entsprechende Szenario der MRK bestimmt das Bewegungsverhalten des Menschen und nimmt somit entscheidend Einfluss auf den Optimierungsalgorithmus.



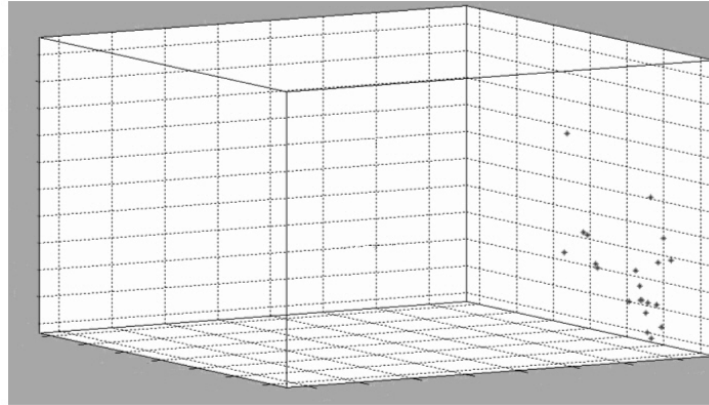
**Abbildung 2:** Entwicklung und Umsetzung des Optimierungsalgorithmus

Abbildung 2 stellt die Vorgehensweise dar, mit welcher der Algorithmus entwickelt und womit die Performanz des Systems erhöht werden soll. Für die Beobachtung und Analyse typischer Bewegungen wird ein markerbasiertes Bewegungserfassungssystem verwendet. Das Ergebnis der Untersuchungen stellt eine Basis an Bewegungsdaten dar, die anschließend in mathematische Modelle kodiert werden. In der späteren Anwendung werden über eine bildbasierte Sensorik in Echtzeit Daten über die Position des Menschen erfasst, um diese wie beschrieben als Eingangsinformation für den Algorithmus zu verwenden.

### 4. Erste Versuchsreihe – Ausblick auf die Ergebnisverwertung

Der Optimierungsalgorithmus wird für den Fall einer MRK an einem Tischarbeitsplatz entwickelt und erprobt. Ein an einer Werkbank sitzender Mensch teilt sich mit einem vor ihm positionierten Tischroboter einen gemeinsamen Arbeitsraum. Für diesen Fall ist allein die Modellierung der Armbewegungen relevant, weswegen in den Versuchen auch nur der Arm getrackt wird. Die Versuchspersonen führen in der Ebene der Tischoberfläche horizontale, vertikale sowie diagonale Bewegungen durch,

indem sie einen Gegenstand von einer definierten Ausgangsposition zu einer bestimmten Endposition bewegen. Abbildung 3 zeigt die Handpositionen von 21 Probanden zum Zeitpunkt  $t$  beim horizontalen Transport eines Gegenstands vom rechten unteren zum gegenüberliegenden linken Eck.



**Abbildung 3:** Handposition von 21 Probanden zum Zeitpunkt  $t$

Wird bspw. der untersuchte Versuchsraum durch ein Raster in einzelne Quader aufgeteilt, können den entsprechenden Teilräumen Wahrscheinlichkeiten einer Belegung durch die Hand und dadurch dem Roboter die „leeren“ Quader als mögliche Gebiete für seine Trajektorien zugewiesen werden.

## 5. Ausblick auf künftige Arbeiten

Der Optimierungsalgorithmus wird am Beispiel des Tischarbeitsplatzes anwendungsfähig gemacht. In der Folge sollen weitere Produktionsszenarien untersucht werden, in denen der gesamte Körper des Menschen beobachtet und seine zukünftigen Bewegungen prädiziert werden sollen.

## 6. Literatur

1. Bayerischer Forschungsverbund FitForAge (Hrsg.) 2009, Produktionsstrategie 2020. Wie machen Sie Ihre Produktion und Logistik fit für den demographischen Wandel. FitForAge-Kongress.
2. Ding, H., Kain, S., Schiller, F. & Stursberg, O. 2009a, Cognitive Safety Control for Human-Machine Interaction. In: 10th European Control Conference, S. 5021–5026.
3. Ding, H., Kain, S., Schiller, F. & Stursberg, O. 2009b, Increasing Reliability of Intelligent Manufacturing Systems by Adaptive Optimization and Safety Supervision. In: 7th IFAC Symposium on Fault Detection, Supervision and Safety of Technical Processes 2009b, S. 1533–1538.
4. IEC 61508 2005, Functional Safety of Electrical/Electronic/Programmable Electronic Safety-related Systems.
5. Kain, S., Ding, H., Schiller, F. & Stursberg, O. 2007, Controller Architecture for Safe Cognitive Technical Systems. In: 26th Int. Conf. on Computer Safety, Reliability and Security, Volume 4680 of LNCS 2007, S. 518–531.
6. Thiernemann, S. 2005, Direkte Mensch-Roboter-Kooperation in der Kleinteilemontage mit einem SCARA-Roboter, IPA-IAO-Forschung und -Praxis, Nr. 411. Heimsheim: Jost-Jetter.

Die Autoren danken den Partnern im Projekt EsMiP, gefördert von der Bayerischen Forschungsförderung (AZ-852-08), für die Unterstützung: Baumüller Anlagen-Systemtechnik, Reis Robotics, Institut für Arbeitsschutz (IFA), Lehrstuhl für Regelungs- und Systemtheorie der Universität Kassel (rst) und der Lehrstuhl für Informationstechnik im Maschinenwesen der TU München (itm).

# Nutzungserleben von informationstechnischen Systemen im industriellen Arbeitskontext

Beate EILERMANN

*Volkswagen AG, Forschungsprojekt BEFAS,  
Berliner Ring 2, D-38440 Wolfsburg*

**Kurzfassung:** In der Old Economy sind immer noch viele Softwareentwicklungen stark an der Funktionalität und Effizienz und weniger an den individuellen Bedürfnissen der Nutzer ausgerichtet. Das Modell zum Nutzungserleben (User Experience) im industriellen Arbeitskontext versucht, die bisher in getrennten Theorien und Anwendungsfeldern verwendeten Konzepte Nutzungserleben, soziotechnisches System und Technologie Akzeptanz zusammenzuführen, um gezielter auf Anforderungen der Nutzer eingehen zu können. Die vorliegende Arbeit erläutert das Modell und gibt einen Einblick in die empirischen Arbeiten zur Diagnostik von Gebrauchstauglichkeit und Nutzungserleben im industriellen Anwendungsfeld.

**Schlüsselwörter:** User Experience, Usability, Softwarelebenszyklus, industrieller Arbeitskontext.

## 1. Einleitung

Im industriellen Arbeitsalltag sind viele Arbeitsplätze ohne informationstechnische Unterstützung kaum noch vorstellbar. Die Mensch-Computer-Interaktion (MCI) wird von Projektverantwortlichen und Softwareentwicklern gestaltet, um in der täglichen Praxis vielfältige Nutzergruppen bei ihrer Arbeit zu unterstützen. Über Jahrzehnte hinweg waren viele Softwareentwicklungen in der Old Economy allein auf Funktionalität und Effizienz ausgerichtet. In den letzten Jahren ist nun auch in diesen Bereichen eine Entwicklung hin zu einer umfassenden Betrachtung der Gebrauchstauglichkeit (engl. Usability) und zur stärkeren Ausrichtung auf ein positives Nutzungserleben (engl. User Experience) zu verzeichnen.

Gebrauchstauglichkeit ist in der Softwareentwicklung ein weit verbreitetes Qualitätsmerkmal. Nach der DIN EN ISO 9241-11 wird bei einem IT-System von einer guten Gebrauchstauglichkeit gesprochen, wenn ein Nutzer in seinem bestimmten Nutzungskontext mit Hilfe eines Anwendungsprogramms seine Ziele effektiv, effizient und zufriedenstellend erreichen kann. Nutzungserleben wird von einigen Vertretern aus dem Bereich MCI einfach als Synonym oder modische Bezeichnung für Gebrauchstauglichkeit betrachtet. Diese Auffassung wird dem Erleben jedoch nicht gerecht, da der Begriff vielmehr die Verknüpfung von Handeln, Fühlen und Denken in der Interaktion mit einem Produkt umfasst und neben der direkten Interaktion auch indirekte Bezüge zum Produkt berücksichtigt.

In der Normenreihe 9241 findet Nutzungserleben erstmals im Teil 210 (ISO/DIS 9241-210) Einzug. Nach ISO-Standard wird unter Nutzungserleben die Wahrnehmung und Reaktion einer Person verstanden, die sich aus der Benutzung oder der erwarteten Verwendung eines Produktes ergibt. In der Konsequenz umfasst Nutzungserleben die Gestaltung, Funktionalität als auch weitere Leistungs- und Annehmungsmerkmale. Das Verständnis von Nutzungserleben wird stark von Erkenntnissen

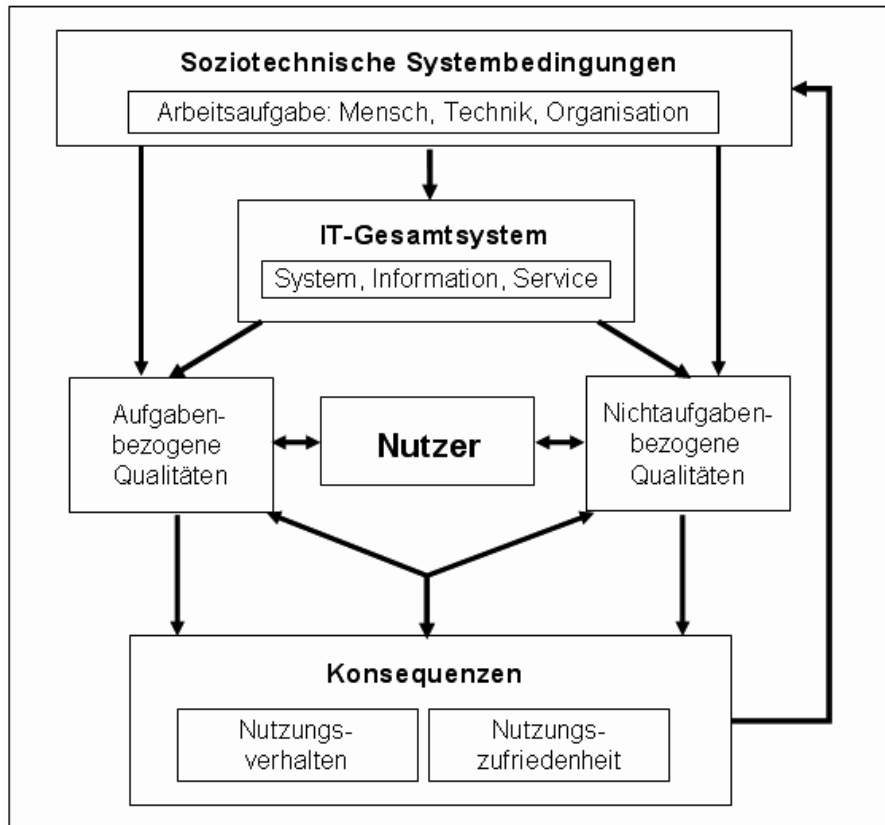


aus dem Consumerbereich und dem Web-Design geprägt. In diesen Anwendungsfeldern wird bereits die Berücksichtigung des gesamten Nutzungserlebens als wichtiger Erfolgsfaktor gesehen. So kann eine positive Stimmung bzw. Einstellung gegenüber einer Softwareanwendung wesentlich zu deren Erfolg beitragen (Hatscher 2003). Unter dem Aspekt, dass die Einführung und Anwendung von IT-Systemen als ein Teil des Innovationsmanagements in einer lernenden Organisation gesehen werden sollte, ist es sowohl unter wissenschaftlichen als auch unternehmerischen Gesichtspunkten wichtig, das Nutzungserleben von Softwareanwendungen im Arbeitskontext näher zu untersuchen. Ziel des Promotionsvorhabens ist es, eine Methode zur validen Diagnostik von Gebrauchstauglichkeit und Nutzungserleben im industriellen Arbeitskontext zu entwickeln. Des Weiteren sollen Bedingungen für ein positives Nutzungserleben über die einzelnen Lebenszyklusphasen hinweg herausgearbeitet werden. Dazu wurde ein erweitertes Modell zum Nutzungserleben, das auf die Anforderungen des Arbeitskontextes eingeht, entwickelt.

## **2. Modell zum Nutzungserleben im industriellen Arbeitskontext**

Bereits 1989 setzte Davis auf Grundlage des Technology Acceptance Model (TAM) die wahrgenommene Nützlichkeit und wahrgenommene einfache Bedienung eines Produktes in Bezug zur Absicht des Benutzers, das Produkt zu verwenden, und zur tatsächlichen Verwendung (Davis 1989). Die empirischen Befunde zu seinem theoretischen Modell sind beeindruckend, da mit seiner Hilfe die Hälfte der Varianz hinsichtlich der Nutzerabsicht, ein neues System oder Produkt anzunehmen oder abzulehnen, erklärt werden konnte. Viele Erweiterungen und Kombinationen des Modells folgten in den letzten Jahren. Auch in der Forschung zum Nutzungserleben findet das TAM seine Anwendung. So diente es z. B. bei Mahlke (2008) als eine Grundlage für die Entwicklung eines Modells zum Nutzungserleben interaktiver Systeme. In dem Modell von Mahlke (2008) wird davon ausgegangen, dass die Wahrnehmung und letztlich auch die Bewertung von Systemeigenschaften zu zwei übergeordneten Bewertungsdimensionen zusammengefasst werden können. Wie bereits Davis (1989) untersuchte, sind aufgabenbezogene, pragmatische Qualitäten für den Nutzer von Bedeutung. In diese Kategorie fallen z. B. die wahrgenommene Bedienbarkeit und die Nützlichkeit eines Produktes. Andererseits nehmen auch nicht-aufgabenbezogene, hedonische Qualitäten eine wichtige Rolle ein. Zu dieser Kategorie können ausgehend von Hassenzahl (2001) z. B. die Identifikation und Stimulation gezählt werden. Mahlke (2008) geht in seinem integrativen Ansatz näher darauf ein, wie eine unterschiedliche Wirkung bezüglich der Systemeigenschaften auf das Nutzungserleben wirken kann und welchen Einfluss die Wahrnehmung von Qualität auf emotionale Nutzerreaktionen haben könnte. Der Autor verifiziert dies mit empirischen Ergebnissen, z. B. aus Studien mit Mobilfunktelefonen. Im erweiterten Modell werden die Faktoren des Nutzungserlebens in einen arbeitsorganisatorischen Kontext (vgl. Abbildung 1) eingebettet. Dabei umfasst das Modell sowohl die effektive und effiziente Erreichung von Zielen (aufgabenbezogene), als auch Erlebensqualitäten (nichtaufgabenbezogene Qualitäten). Im Mittelpunkt der Untersuchungen steht der Nutzer, der das IT-System im soziotechnischen Zusammenhang erlebt und insbesondere subjektiv bewertet.





**Abbildung 1:** Model zum Nutzungserleben im industriellen Arbeitskontext

Um das Nutzungserleben im Arbeitskontext verstehen zu können, werden die Rahmenbedingungen, wie Arbeitsumgebung, Kommunikationsstrukturen etc., mit in die Analyse einbezogen. Grundsätzlich wird das IT-System, bestehend aus Mensch, Technik, Organisation (MTO) und Arbeitsaufgabe, als ein komplexes soziales und technisches Gebilde angesehen. Unter diesem werden das technische System im engeren Sinne, die Informationsqualität und der Service verstanden.

Im Mittelpunkt der Untersuchungen steht der Nutzer in seinem Arbeitsumfeld, der das IT-System mit seiner System-, Informations- und Servicequalität im Zusammenhang mit den MTO-Aspekten zu unterschiedlichen Phasen des Softwarelebenszyklus erlebt. Das IT-Gesamtsystem wird hinsichtlich der aufgaben- und nichtaufgabenbezogenen Qualitäten vom Nutzer wahrgenommen und bewertet. Die Konsequenzen des Erlebens äußern sich im Nutzungsverhalten und in der Zufriedenheit mit dem Gesamtsystem. Das Nutzungsverhalten schließt quantifizierbare Faktoren wie Häufigkeit, Dauer und Nutzungstiefe ein. Dieses steht primär in einer besonderen Beziehung zu den aufgabenbezogenen Qualitäten und der Einbettung des IT-Systems in die Arbeitsorganisation.

Mit der soziotechnischen Ausrichtung wird die Basis für eine ganzheitliche Optimierung von Arbeitstätigkeiten bzw. Arbeitsstrukturen geschaffen. Der MTO-Ansatz zielt auf eine gemeinsame Optimierung der Mitarbeiterqualifikation, des Technikeinsatzes und der Organisationsgestaltung ab (Ulich 2005).

### 3. Methodisches Vorgehen

Das methodische Vorgehen des Promotionsvorhabens orientiert sich an dem ei-

gens entwickelten Modell. Es umfasst folgende empirische Arbeiten:

Zur Diagnostik der drei Untersuchungsbereiche Nutzungserleben, Gebrauchstauglichkeit und arbeitsorganisatorischen Einbettung des IT-Systems wurde ein neuer Fragebogen entwickelt, da bislang keine hinreichende Methode zur Diagnostik im industriellen Anwendungsfeld existiert. Basierend auf einer Interviewstudie und einer umfassenden Literaturrecherche zu bestehenden Fragebögen wurde ein Itempool generiert. In methodischen und fachlichen Expertengesprächen konnte anschließend eine erste Itemselektion vorgenommen werden. Im Anschluss an die Expertengespräche wurden die Items in ein einheitliches Format gebracht. Ein erster Prätest durch Nutzer brachte Erkenntnisse, welche Items eventuell unverständlich oder redundant sein könnten. Die erste Erprobung des Fragebogenentwurfs erfolgte ausgehend von 86 Items. Nach einer ersten Item- und Skalenanalyse konnte eine weitere Itemselektion auf 50 Items und eine Skalenbildung vorgenommen werden. Der revidierte Fragebogenentwurf wird im nächsten Schritt einer zweiten Stichprobe vorgelegt, um differenziertere Aussagen zur Reliabilität und Validität des Fragebogens machen zu können. Von den Ergebnissen der Fragebogenerhebung ausgehend werden zielgerichtet weitere Analyseverfahren eingesetzt. Die heuristische Evaluation ist z. B. eine an Faustregeln (Heuristiken) orientierte schnelle und preiswerte Inspektionsmethode, die von drei bis fünf Gutachtern durchgeführt wird. Bei dieser Form der Evaluation wird anhand von Heuristiken (Nielsen 1994) das IT-System analysiert. Ergebnis der heuristischen Evaluation sind gewichtete Hinweise zu konkret identifizierten Problemen bei der Nutzung einer Softwareanwendung. Im Gegensatz zu den Inspektionsmethoden wird der Nutzer durch die Bearbeitung von Standardaufgaben beim User Testing aktiv in die Analyse einbezogen. Bei dieser interaktiven benutzerzentrierten Methode erfolgt die Bewertung anhand realer oder realistischer Aufgaben, die von ausgewählten Nutzern unter kontrollierten Rahmenbedingungen bearbeitet werden. Ergebnis der Analyse ist eine Sammlung von konkreten Problemen, die bei der Interaktion mit dem System auftreten. Die empirischen Studien sollen unter anderen aufzeigen, welche speziellen Kontextfaktoren in der Industrie besonders wichtig für das Nutzungserleben sind. Mit Hilfe der Forschungsergebnisse sollen zukünftig Maßnahmen abgeleitet werden, wie Softwareanwendungen besser an die Bedürfnisse der Nutzer und an die Arbeitsorganisation angepasst werden können.

#### 4. Literatur

1. DIN EN ISO 9241-11 1999, Ergonomische Anforderungen für Bürotätigkeiten mit Bildschirmgeräten. Teil 11: Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit - Leitsätze. Berlin: Beuth Verlag.
2. ISO/DIS 9241-210 2008, Ergonomics of human-system interaction - Part 210: Human-centred design for interactive systems. Berlin: Beuth.
3. Hatscher, M. 2003, Branding – from the point of view of a usability & design consultant, SAP Design Guild, Edition 6.
4. Davis, F 1989, Perceived usefulness, perceived ease of use and user acceptance of information technology, MIS Quarterly, 13, 319-339.
5. Mahlke, S. 2008, User Experience of Interaction with Technical Systems. Theories, Methods, Empirical Results, and Their Application to the Design of Interactive Systems. Saarbrücken: VDM.
6. Hassenzahl, M. 2001, The effect of perceived hedonic quality on product appealingness, International Journal of Human-Computer Interaction, 13, 481-499.
7. Ulich, E. 2005, Arbeitspsychologie. Zürich: vdf Hochschulverlag.
8. Nielsen, J. 1994, Heuristic evaluation. In: J. Nielsen & R.L. Mack (Eds.), Usability Inspection Methods. New York: John Wiley & Sons, S. 25-64.

# **Arbeitswissenschaftliche Evaluation Ganzheitlicher Produktionssysteme unter alternsgerechten Gesichtspunkten – Ein Studienfall in der Aggregatmontage eines deutschen Automobilherstellers**

José Alonso ENRIQUEZ DIAZ

*Institut für Arbeitswissenschaft und Prozessmanagement, Universität Kassel,  
Heinrich-Plett-Straße 40, D-34132 Kassel*

**Kurzfassung:** Im Rahmen eines von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) finanzierten Projektes zum Thema: „Alternsgerechte Arbeitssystemgestaltung in der Automobilmontage“ werden objektive und subjektive Forschungsmethoden in einem international bekannten deutschen Automobilhersteller eingesetzt. Ziel dieses Vorhabens ist es, die arbeitswissenschaftliche Evaluation neuer Gestaltungsformen der Montagearbeit unter dem Aspekt des demografischen Wandels durchzuführen.

**Schlüsselwörter:** Ganzheitliche Produktionssysteme, ältere Arbeitnehmer, Montagesysteme, Chaku-Chaku-Systeme.

## **1. Problematik**

Der Anteil älterer Arbeitnehmer in Deutschland und in vielen anderen industriellen Ländern nimmt ständig zu. Gerade in traditionellen Branchen der deutschen Industrie ist das Thema angesichts eines nachhaltigen Wachstums und wachsender Beschäftigungszahlen zur Diskussion zu stellen. Von besonderem Interesse scheint die Situation der älteren Arbeitnehmer in der Automobilindustrie, denn sie ist eine der wichtigsten Industriebranchen in Deutschland (BMW 2009). In der Automobilherstellung zeichnet sich die Montagearbeit u.a. durch den hohen Anteil an Beschäftigten aus. Aufgrund dessen und im Zuge eines globalen schärferen Wettbewerbs ist der Montagebereich mit wiederholten organisatorischen Umstrukturierungen konfrontiert (siehe Ohno 1993; Womack et al. 1991) die weit verbreitete Auswirkung auf die Beschäftigung mit sich bringen (Parker et al. 2003; Conti et al. 2006). Diese neuen Anregungen in der betriebswirtschaftlichen Gestaltung und Organisation setzen auf eine Leistungserhöhung nicht allein durch einzelne Maschinen sondern auch durch das Produktionssystem und seine einzelnen Elemente (Ganzheitliche Produktionssysteme). In diesem Zusammenhang erscheint eine arbeitswissenschaftliche Evaluation neuer technisch-organisatorischer Arbeitsformen sowie die dadurch verursachten physisch-psychologischen Auswirkungen auf Ältere diskussionswürdig zu sein. Hierzu gehört auch die Ableitung von Gestaltungsvorschlägen durch die Ermittlung von belastungs- und anforderungsrelevanten Faktoren, die zur Beantwortung anstehender Fragen und Problemen der demografischen Entwicklung in der Montageorganisation tatsächlich beitragen.

## **2. Fragestellung**

Ständige Veränderungen und Einführungen von „neuen Organisationsformen“

(z.B. Chaku-Chaku-Montagesysteme) sind heutzutage in Produktionsbetrieben mehr denn je zu finden. Die Rolle der Arbeitsgestaltung bekommt hierbei eine größere Bedeutung, denn es eröffnet sich die Möglichkeit, industrielle Arbeit so zu gestalten, dass menschengerechte (altersgerechte) und produktionstechnische Anforderungen erfüllt werden (vgl. Parker 1998). Aus dem dargestellten Stand der Forschung sowie der durchgeführten Diskussion ergeben sich für das hier vorliegende Vorhaben folgende Fragestellungen:

- Welche Anforderungen stellen neue arbeitsorganisatorische Gestaltungsformen der Montagearbeit an die Arbeitnehmer?
- Inwieweit wirken sich diese Gestaltungsformen der Montagearbeit auf die Arbeitsfähigkeit sowie auf die beanspruchungsrelevanten Merkmale der älteren Arbeitnehmer aus?
- Welche technisch-organisatorischen Gestaltungserfordernisse sind in Bezug dazu für eine altersgerechte Gestaltung von Montagesystemen wirkungsvoll?

### 3. Zielsetzung

Im Zuge einer alternden Belegschaft sowie des schärferen Wettbewerbs im Markt spielen Überlegungen zum effektiven Personaleinsatz in der Montagearbeit eine wesentliche Rolle. Die Einführung von neuen Gestaltungskonzepten für die Organisation der Arbeit stellt eine Chance dar, dieser Problematik entgegenzuwirken.

Ziel dieses Vorhabens ist es, die arbeitswissenschaftliche Evaluation neuer Gestaltungsformen der Montagearbeit unter dem Aspekt des demografischen Wandels durchzuführen. Um auf diese Weise Gestaltungsmaßnahmen zur altersgerechten Arbeitsgestaltung leisten zu können. Zur Lösung dieser Aufgabe werden folgende Teilziele verfolgt:

- Beurteilung der Wirkung der neuen eingeführten Arbeitsformen (Chaku-Chaku-Montagesysteme) auf die arbeitenden Menschen anhand von arbeitswissenschaftlichen Kriterien.
- Die Herausarbeitung von technisch-organisatorischen Gestaltungsleitlinien für den Ausbau der Stärken sowie die Beseitigung der Schwächen unter dem Aspekt des Alters.

### 4. Empirische Vorarbeiten

Im Rahmen der arbeitswissenschaftlichen Evaluation neuer Organisationsformen von Montagesystemen wurden mehrere Untersuchungen bei den oben genannten Arbeitsfeldern (siehe Tabelle 1), im Vorfeld durchgeführt. In einer Längsschnittuntersuchung werden verschiedene Methoden im Montagesystem A1 (Fließband) eingesetzt. Es handelt sich hier um ein Montagesystem mit geplantem Produktionsvolumen (Kammlinie). Aus arbeitswissenschaftlicher Sicht weist das Montagesystem keine großen Veränderungen während des Betrachtungszeitraums auf. Darüber hinaus dient das Montagesystem B1 (Chaku-Chaku) zur Montage von Handbremshebeln. Während der Untersuchung befindet sich das System in der Anlaufphase, die anhand von zwei Messzeitpunkten untersucht wird. Der erste findet am Anfang des Anlaufes und der zweite beim Erreichen des geplanten Nutzungsgrades (Kammlinie). Des Weiteren ist das Montagesystem B2 (Chaku-Chaku) durch ständige technische-organisatorische Arbeitsplatzveränderungen gekennzeichnet. Dennoch findet die

Reorganisation auf Basis von Lean Production-Konzepten statt. Auch hier sind zwei Messzeitpunkte geplant, um mögliche Veränderungen vor und nach dem technisch-organisatorischen Umbau empirisch zu evaluieren.

**Tabelle 1:** Beschreibung der zu untersuchenden Arbeitsfelder

<b>Montage system</b>	<b>Arbeitsfeld</b>	<b>Stichprobengröße, Strukturform</b>	<b>Taktlänge</b>	<b>Durchschnittliches Alter</b>
A1	Getriebemontage	178 Mitarbeiter, <b>Fließband</b>	85 sec.	38,2
B1	Handbremshebel-Montage	18 Mitarbeiter, <b>Chaku-Chaku</b>	25 sec.	32,1
B2	Abgasanlage-Montage	23 Mitarbeiter, <b>Chaku-Chaku</b>	72 sec.	41,6

## 5. Literatur

1. Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie – BMWi 2010, Gesamtwirtschaftliche Bedeutung der Industrie. Im Internet verfügbar unter: [www.bmwi.de](http://www.bmwi.de) am (11.01.2010).
2. Conti, R., Angelis, J., Cooper, C., Faragher, B. & Gill, C. 2006, The effects of lean production on worker job stress, *International Journal of Operation & Production Management*, 26, 1013-1038.
3. Ohno, T. 1993, *Das Toyota-Produktionssystem*. Frankfurt/Main: Campus-Verlag.
4. Parker, S. & Wall, T. 1998, *Job and Work Design: organizing work to promote well-being and effectiveness*. Thousand Oaks: Sage.
5. Parker, S. 2003, Longitudinal Effects of lean Production on Employee Outcomes and the Mediating Role of Work Characteristics, *Journal of Applied Psychology*, 88, 620-634.
6. Womack, J., Jones, D. & Roos, D. 1991, *Die zweite Revolution der Autoindustrie*. Frankfurt am Main: Campus-Verlag.





# Entwicklung von Guidelines zur Darstellung von visuellen Informationen im dreidimensionalen Raum

Antje LICHTENSTEIN

*Graduiertenkolleg prometei, Zentrum Mensch-Maschine-Systeme,  
TU Berlin, Franklinstr. 28-29, D-10587 Berlin*

**Kurzfassung:** Dieser Artikel beschreibt fünf Experimente zur visuellen Informationswahrnehmung in verschiedenen räumlichen Tiefenebenen. Die Ergebnisse geben Hinweise auf eine aufgabenspezifische Informationsverarbeitung und einen Vorteil der Darstellung von Information in mehr als einer visuellen Wahrnehmungsebene.

**Schlüsselwörter:** visuelle Wahrnehmung, dreidimensionaler Raum.

## 1. Einleitung

Moderne Technologien ermöglichen es zunehmend, Informationen in verschiedenen Tiefenebenen des dreidimensionalen Raumes anzuzeigen. Die Darstellung ist damit nicht länger angewiesen auf einen herkömmlichen 2D-Arbeitsplatz mit standardisiertem Bildschirm. Daher gewinnt Mensch-Maschine-Forschung zu alternativer Präsentation von visuellen Informationen und zur Interaktion im Raum zunehmend an Bedeutung. Eine wichtige Frage in diesem Zusammenhang ist, ob die Anzeigeposition, insbesondere in der räumlichen Tiefe, die menschliche Informationsaufnahme und -verarbeitung beeinflusst.

Verschiedene Forschungsarbeiten aus der Neuropsychologie erhärten den Ansatz der Aufteilung des einen Menschen umgebenden Raumes in verschiedene Wahrnehmungs- und Interaktionsbereiche. So werden visuelle Informationen aus dem nahen Greifraum in einem anderen kortikalen Bereich verarbeitet als Informationen aus weiter entfernten Wahrnehmungsbereichen (Previc 1998). Die Vermutung liegt nahe, dass so Informationswahrnehmung und menschliches Verhalten unterschiedlich beeinflusst werden können. Für die Mensch-Maschine-Interaktionsforschung ergeben sich zwei Hauptforschungsfragen:

- Ist die optimale Anzeigeposition visueller Information in Mensch-Maschine-Systemen relativ, nämlich abhängig vom Aufgabenkontext?
- Führt die Präsentation konkurrierender visueller Information in zwei verschiedenen Tiefenebenen zu einer verbesserten Zuordnung (Allokation) der kognitiven Ressourcen?

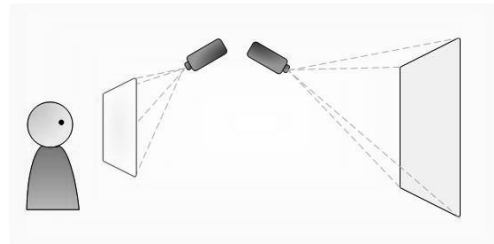
## 2. Methode

Im theoretischen Teil des vorliegenden Promotionsvorhabens werden Forschungsergebnisse zur menschlichen Informationswahrnehmung im dreidimensionalen Raum zusammengefasst, die sich insbesondere mit der Bearbeitung konkurrierender Aufgaben in unterschiedlichen räumlichen Tiefenebenen (z.B. Horrey & Wickens, 2004) bzw. mit der Definition des den Menschen umgebenden dreidimensionalen Raumes beschäftigen (z.B. Couyoumdjian et al. 2003). Die dort bearbeiteten Aufgaben wur-

den in Hinblick auf ihre Wahrnehmungs- und Verarbeitungsanforderungen wie folgt klassifiziert (vgl. Norman 1993):

- Experiential Cognition, also auf Erfahrung beruhend, flache Verarbeitung und
- Reflective Cognition, d.h. eine reflektierende, tiefe Verarbeitung.

Zur Durchführung der experimentellen Untersuchungen wurde ein Versuchsaufbau realisiert, mit dem es möglich ist, visuelle Informationen in zwei räumlichen Tiefenebenen darzustellen. Konkurrierende Informationen aus den verschiedenen Ebenen überlappen sich dabei durch die Nutzung eines transparenten Holoprojektionsdisplays in der nahen Ebene (siehe Abbildung 1).



**Abbildung 1:** Versuchsaufbau

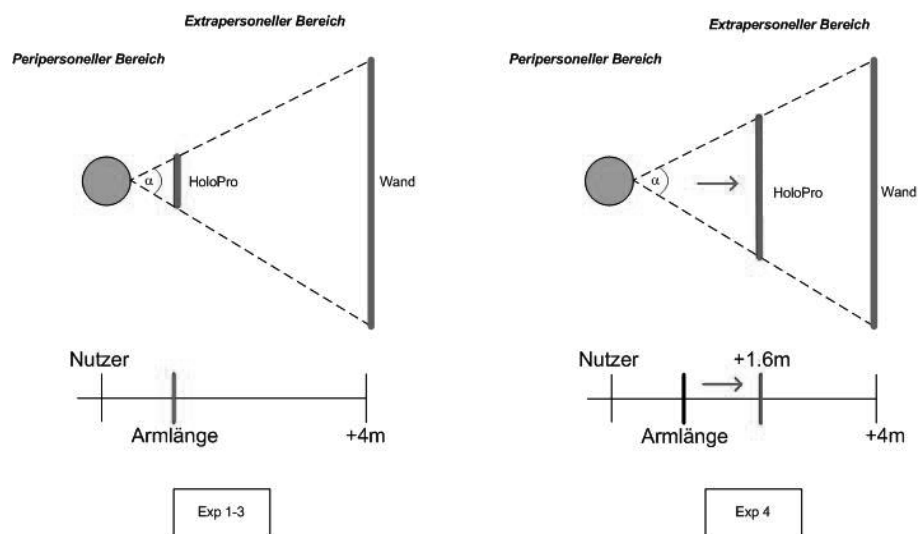
Es wurden bereits mehrere Untersuchungen durchgeführt, deren Fragestellungen und Abläufe im Folgenden kurz skizziert werden. Als abhängige Variablen wurden Reaktionszeiten und Fehler erfasst.

In einer ersten Untersuchung sollte grundsätzlich geklärt werden, ob visuelle Information aus zwei verschiedenen räumlichen Tiefenebenen aufgabenspezifisch verarbeitet wird. Die Aufgabenklasse Experiential wurde dabei operationalisiert durch einen einfachen Objektdetektionstest (serielle Detektion von zufällig erscheinenden Icons), während für die Klasse Reflective eine Variante des PASAT-Tests benutzt wurde, d.h. eine Aufgabe, bei der mathematische Intelligenz von Bedeutung ist. Die Aufgaben wurden zunächst einzeln bearbeitet (je einmal vorne und einmal hinten), anschließend folgten zwei Dual-Task-Blöcke (vgl. Abbildung 1). Dabei wurde im ersten Block die Detektionsaufgabe vorn bearbeitet, während die Mathematikaufgaben auf der hinteren Projektionsfläche erschienen. Im zweiten Block wurden die Projektionsebenen getauscht.

In einer zweiten Untersuchung wurden die Aufgaben zum Zwecke der Generalisierbarkeit der gefundenen Effekte durch alternative Aufgaben aus den zwei Aufgabenklassen ersetzt: Die Klasse Experiential wurde operationalisiert durch eine Variante des d2-Tests, während die Mathematikaufgaben durch Aufgaben aus dem Bereich der verbalen Intelligenz ersetzt wurden. Zusätzlich wurde in diesem zweiten Experiment untersucht, ob es grundsätzlich von Vorteil ist, parallel zu bearbeitende Aufgaben in zwei anstelle von einer visuellen räumlichen Tiefenebene darzustellen. Dazu wurden in zwei zusätzlichen Versuchsblöcken beide Aufgaben entweder gemeinsam in der vorderen oder gemeinsam in der hinteren Ebene dargestellt.

In einer dritten Untersuchung wurden abermals die Aufgaben zum Zwecke der Generalisierbarkeit und zur Überprüfung der Aufgabenspezifität der Informationsverarbeitung durch andere Aufgaben aus den zwei Klassen ersetzt. Die Klasse Experiential wurde nun operationalisiert durch eine stark vereinfachte Variante des d2-Tests (einfache Objektdetektion) und die Klasse Reflective durch Aufgaben aus dem Bereich der figuralen Intelligenz. Die Erweiterung des Versuchsplans aus Untersuchung zwei zur Überprüfung des Zwei-Ebenen-Vorteils wurde auch in der dritten Untersuchung beibehalten.

In einer vierten Untersuchung wurde zunächst das Material aus Untersuchung drei nur leicht verändert, um die Interpretation der gefunden Effekte zu erleichtern. Zusätzlich wurde der Versuchsaufbau, wie in Abbildung 2 ersichtlich, variiert. Grundlage für die Anpassung war das Modell der 3D-Rauminteraktion von Previc (1998), in dem zwischen einem peripersonellen Wahrnehmungsraum und mehreren extrapersonellen Wahrnehmungsräumen unterschieden wird, die sich durch spezifische Verarbeitungseigenschaften auszeichnen. Die Grenze zwischen peri- und extrapersonellen Räumen wird durch die Armlänge definiert. Auf Grundlage des Modells muss angenommen werden, dass Effekte, die sich in Experiment drei zeigten, sich in Experiment vier nicht zeigen dürften, da nicht mehr in zwei unterschiedlichen Wahrnehmungsräumen gearbeitet wird.



**Abbildung 2:** Anpassung des Versuchsaufbaus zur Untersuchung des Einflusses von peripersonellem und extrapersonellem Raum

In einer fünften Untersuchung wurde die Aufgabenklasse Reflective durch die Komponente der kristallinen Intelligenz erweitert: Während in den vorangegangenen Untersuchungen hauptsächlich Aufgaben aus dem Bereich der fluiden Intelligenz bearbeitet wurden, kam so ein Wissensbereich hinzu. Auch hier wurden Aufgaben aus den Bereichen verbal, numerisch und figural bearbeitet. Die Operationalisierung der Klasse Experiential erfolgte ähnlich wie in den Untersuchungen 1-4. Zusätzlich zu Reaktionszeiten und Fehlern wurden in dieser Untersuchung physiologische Maße und die subjektiv erlebte Anstrengung als abhängige Variablen erfasst.

### 3. Ergebnisse

Im Folgenden werden Unterschiede in den Reaktionszeiten beschrieben (siehe Tabelle 1 für einen Überblick). Für Fehler zeigten sich bisher keine Effekte.

Während der Haupteffekt für die Aufgabenklasse sich in allen Experimenten zeigte, gab es keine Hinweise auf einen Haupteffekt der Tiefenebene. Es kann also nicht verallgemeinert werden, dass z.B. alle Aufgaben schlicht schneller und besser gelöst werden, je geringer der Abstand zum Nutzer ist. Es fanden sich dagegen verschiedene Interaktionseffekte, die auf eine aufgabenspezifische Verarbeitung von visueller Information in verschiedenen räumlichen Tiefenebenen hindeuten. So wurden in den Dual-Task-Blöcken des ersten Experimentes Mathematikaufgaben ( $t(44) = -3.07$ ,

$p < .01$ ), signifikant schneller ( $F(1, 44) = 11.4$ ,  $p < .01$ , partielles  $\eta^2 = .206$ ) in der hinteren Tiefenebene und einfache Objektdetektionsaufgaben ( $t(44) = -2.52$ ,  $p < .025$ ) in der vorderen Tiefenebene bearbeitet. In den folgenden Untersuchungen konnten die Effekte für kognitiv beanspruchende Aufgaben aus anderen Intelligenzklassen (verbal, figural) entweder gar nicht oder nur tendenziell repliziert werden (siehe auch Lichtenstein 2009). Einfache Objektdetektionsaufgaben dagegen, werden in allen bisher ausgewerteten Experimenten (in Dual-Task-Blöcken) grundsätzlich im Nahbereich sehr viel schneller gelöst als in der Ferne.

Zudem zeigte sich, dass die Aufteilung der visuellen Information auf zwei Tiefenebenen für die Bearbeitung zweier konkurrierender Aufgaben gegenüber der Darstellung auf einer einzigen Tiefenebene für die Ressourcenallokation von Vorteil ist. Dazu finden sich hauptsächlich Effekte bei der Objektdetektionsaufgabe ( $F(1,87) = 5.84$ ,  $p < .05$ , partielles  $\eta^2 = .063$ ), insbesondere in der nahen Bedingung ( $F(1,87) = 8.2$ ,  $p < .01$ , partielles  $\eta^2 = .086$ ).

Die Auswertung der Experimente vier und fünf steht noch aus.

**Tabelle1:** Überblick über die Ergebnisse der Experimente 1-3

Aufgabenklasse	Effekt der Tiefenebene			Effekt der Ebenenanzahl		
	vorne	hinten	kein Effekt	1 Ebene	2 Ebenen	kein Effekt
Experiential	x				x	
Reflective: numerisch		x				
Reflective: verbal			x			
Reflective: figural	(x)		x			x

#### 4. Weiterführende Arbeiten

Die Ergebnisse der experimentellen Untersuchungen sollen dazu dienen, Gestaltungsrichtlinien für die Darstellung von visuellen Informationen im dreidimensionalen Raum zu definieren. Dafür ist eine Analyse und Klassifikation der anfallenden Aufgaben in den verschiedenen denkbaren Anwendungsdomänen (z.B. Kraftfahrzeugführung, Flugverkehr, Smart Home) notwendig auf deren Basis die Ergebnisse aus den Grundlagenexperimenten übertragen werden können.

#### 5. Literatur

1. Couyoumdjian, A., di Nocera, F. & Ferlazzo, F. 2003, Functional representation of 3D space in endogenous attention shifts, *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 56A, 155-183.
2. Horrey, W.J. & Wickens, C.D. 2004, Focal and Ambient Visual Contributions and Driver Visual Scanning in Lane Keeping and Hazard Detection. In: *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 48th annual meeting*. Santa Monica, CA: Human Factors and Ergonomics Society.
3. Lichtenstein, A. 2009, Task Specificity and Resource Allocation in Information Perception in Three Dimensional Space. In: J.A. Jacko, C. Stephanidis, D. Harris, D.D. Schmorow, M. Grootjen, B.-T. Karsh, R. Shumaker, P. Zaphiris, A.A. Ozok, V.G. Duffy, M. Kurosu, M.J. Smith, G. Salvendy, N. Aykin, I.V. Estabrooke (Hrsg.), *Proceedings of the HCI 2009 Conference*. Cambridge: Springer.
4. Norman, D.A. 1993, *Things that make us Smart*. Reading, MA: Addison-Wesley Publishing Company.
5. Previc, F.H. 1998, The Neuropsychology of 3-D Space, *Psychological Bulletin*, 124, 123-164.

# Social Software im Fahrzeugnavigationssystem: Optimierung der Akzeptanz von adaptiven nutzergenerierten Optionsangeboten

Caroline USSAT

*Automotive Navigation and Infotainment Systems/Engineering Architecture,  
Robert Bosch Car Multimedia GmbH,  
Robert-Bosch-Straße 200, D-31139 Hildesheim*

**Kurzfassung:** Die stetig wachsende Anzahl an webbasierten geographischen Informationseinheiten im Fahrzeugnavigationssystem macht zunehmend eine Unterstützung des Fahrers bei der Auswahl von Optionen erforderlich. Eine vielversprechende Möglichkeit der Unterstützung ist das Anbieten von adaptiven Assistenzsystemen. Bei der Entwicklung solcher Systeme spielen die Akzeptanz der Benutzer und der Einfluss des Nutzungskontextes auf die Akzeptanz eine zentrale Rolle. Ziel des Promotionsvorhabens ist die Untersuchung der Fragestellung, wie zukünftige Assistenzsysteme für nutzergenerierte Optionsangebote im Fahrzeug gestaltet sein müssen, damit sie akzeptiert werden und welche Faktoren aus dem Nutzungskontext dabei einen Einfluss auf die Akzeptanz haben. In diesem Beitrag werden das Arbeitsgebiet, die Zielsetzung und die Methoden der Dissertation vorgestellt.

**Schlüsselwörter:** adaptive Assistenzsysteme, Fahrzeugnavigationssystem, benutzergenerierte Optionsangebote, Akzeptanz.

## 1. Einleitung

Die Anbindung des Fahrzeugnavigationssystems an das Internet und die wachsende Benutzerbeteiligung an webbasierten Social Software Applikationen zum Erstellen und Austauschen von ortsbezogenen Informationen ermöglichen dem Fahrer eines Fahrzeuges zukünftig eine Vielzahl an Informationseinheiten auf dem Navigationssystem abzurufen.

Ein Beispiel für ortsbezogene Informationen auf dem Navigationssystem sind Sonderziele, sogenannte Points-of-Interest (POIs), die für den Fahrer potentiell von Interesse sind (z.B. Tankstellen, Sehenswürdigkeiten, Restaurants) und als Ziel ausgewählt werden können. Diese POIs verfügen über einen Namen, eine Adresse, geographische Koordinaten und POI-Kategorien sowie vereinzelt auch über Bilder, detaillierte Beschreibungen oder Bewertungen. Darüber hinaus sind im Internet bereits zahlreiche Möglichkeiten vorhanden, um POIs selbst zu erstellen und mit anderen Benutzern zu teilen. Diese Inhalte werden zunehmend auch direkt in das Navigationssystem integriert.

Die Auswahl einer Option aus einem solch vielfältigen und umfangreichen Angebot während der Fahrt bringt jedoch zahlreiche Sicherheitsrisiken mit sich, die eine Unterstützung des Fahrers bei der Auswahlaufgabe zwingend erforderlich machen.

Eine vielversprechende Möglichkeit der Unterstützung des Fahrers bei der intuitiven Durchführung seiner Aufgabe ist das Anbieten von adaptiven Assistenzsystemen. Diese grenzen die Optionsmenge auf ein überschaubares Maß ein und ermög-



lichen so dem Fahrer ohne großen Aufwand den vollen Funktionsumfang des Systems nutzen zu können (Wandke 2005). Die personalisierte Filterung der Optionsmenge erfolgt bei adaptiven Assistenzsystemen durch die automatische Anpassung des Systems an die Eigenschaften des Nutzungskontextes. Im Gegensatz dazu stehen adaptierbare Assistenzsysteme, bei denen der Benutzer die Möglichkeit erhält die Optionsmenge selbst an die Eigenschaften seines Nutzungskontextes anzupassen.

Bei der Entwicklung solcher Assistenzsysteme zur Verwendung im Fahrzeug spielen nicht nur die intuitive und gefahrenfreie Benutzbarkeit eine zentrale Rolle sondern auch die Akzeptanz der Benutzer sowie der Einfluss des Nutzungskontextes auf die Akzeptanz. Der Nutzungskontext umfasst nach DIN EN ISO 9241 den Benutzer mit seinen Eigenschaften, die Eigenschaften seiner Aufgabe, seine Ziele und die verwendeten Hilfsmittel sowie die Merkmale seiner physikalischen und sozialen Umgebung (DIN EN ISO 9241 1998).

Der Nutzungskontext von POIs im Fahrzeug ist durch eine Teilung der Aufgaben in Primär-, Sekundär- und Tertiäraufgaben gekennzeichnet (Bubb 2003). Die Primäraufgabe umfasst dabei das Führen des Fahrzeugs, welche den Großteil der Aufmerksamkeit des Fahrers beansprucht. Zu den Sekundäraufgaben zählen alle Aufgaben, die sich aus der Umwelt- und Verkehrssituation ergeben und nicht für das bloße Führen des Fahrzeuges erforderlich sind, z.B. Anschalten des Lichtes oder Hupen. Die Auswahl von POIs zählt, wie auch die Bedienung von Navigations- und Informationssystemen im Fahrzeug, zu den Tertiäraufgaben, die in Gefahrensituationen jederzeit unterbrechbar sein müssen.

Während bisherige Untersuchungen, bspw. von Polkehn et al. (2002) oder Arndt (2008), sich vorwiegend auf die Akzeptanz von fahrzeugspezifischen Assistenzsystemen zur Unterstützung der Primäraufgabe des Fahrers konzentrieren, fokussiert die Dissertation auf die Akzeptanz von Assistenzsystemen zur Unterstützung von tertiären Auswahlaufgaben.

## 2. Zielsetzung

Die Dissertation untersucht die Akzeptanz verschiedener Assistenzsysteme zur Unterstützung von Auswahlaufgaben aus nutzergenerierten Optionsangeboten im fahrzeugspezifischen Nutzungskontext. Der Fokus hierbei liegt auf adaptiven Assistenzsystemen. Adaptierbare Assistenzsysteme sollen jedoch nicht vollständig ausgeschlossen werden, da zum einen Untersuchungen von Nitschke im Bereich der Unterhaltungselektronik gezeigt haben, dass diese gegenüber adaptiven Assistenzsystemen bevorzugt werden und zum anderen eine Mischform aus adaptiven und adaptierbaren Assistenzsystemen für zukünftige Systeme denkbar wäre (Nitschke 2004).

Die erkenntnisleitende Fragestellung des Promotionsvorhabens ist, wie die Akzeptanz von adaptiven Assistenzsystemen für nutzergenerierte Optionsangebote im Fahrzeugnavigationssystem unter Beachtung des fahrzeugspezifischen Nutzungskontextes optimiert werden kann.

Um diese Fragestellung untersuchen zu können, ist es erforderlich den Nutzungskontext, in dem POIs typischerweise verwendet werden und den Unterstützungsbedarf seitens der Benutzer zu bestimmen. Darüber hinaus müssen geeignete Prädiktoren zur Bestimmung der Akzeptanz gefunden werden. Hierzu gibt es bereits zahlreiche Modelle zur Beschreibung der Akzeptanz, z.B. das Technology Acceptance Model von Davis et al. (1989), das Model der Akzeptanz von Fahrerassistenzsystemen



men von Arndt (2008) oder das UbiTAM für ubiquitäre Systeme von Rothensee (2010). Mit Hilfe des Nutzungskontextes und des Unterstützungsbedarfes der Benutzer werden geeignete Assistenzsysteme zur Optionsfilterung identifiziert und prototypisch realisiert, die dann unter variierenden Kontextfaktoren auf ihre Akzeptanz hin getestet und evaluiert werden können. Mögliche Akzeptanzprobleme werden dabei insbesondere aus der Belastung des Fahrers durch die Primäraufgabe erwartet. Interessant hierbei zu untersuchen ist, wie sich die Akzeptanz bspw. bei zusätzlichem Zeitdruck oder hohem kognitiven oder motorischen Aufwand verhält.

Insgesamt zielt das Promotionsvorhaben darauf ab, die gewonnenen Erkenntnisse in allgemeingültige Gestaltungsrichtlinien zur Optimierung von fahrzeugspezifischen, adaptiven Assistenzsystemen zu transferieren.

Zusammenfassend werden folgende Forschungsfragen untersucht:

- Wie sollen adaptive Assistenzsysteme zur Unterstützung bei Auswahlprozessen von nutzergenerierten POIs realisiert werden?
- In welchem Nutzungskontext werden POIs verwendet?
- Welche Faktoren bestimmen die Akzeptanz von adaptiven nutzergenerierten POIs?
- Welchen Einfluss hat der Nutzungskontext auf die Akzeptanz? Wo treten Korrelationen auf?
- Lassen sich die Erkenntnisse verallgemeinern und auf andere fahrzeugspezifische Anwendungsbereiche übertragen?

### 3. Methodik

Die Arbeit beginnt mit einem theoretischen Teil, in dem zunächst verschiedene Assistenzarten zur Unterstützung von Auswahlaufgaben betrachtet und bisherige Forschungsergebnisse zum Einfluss des Nutzungskontextes auf die Akzeptanz analysiert werden. Zudem muss eine geeignete Methode zur Messung der Akzeptanz aus der Literatur ermittelt werden, die eine hohe Validität und Reliabilität aufweist. Anschließend folgt der empirische Teil beginnend mit einer explorativen Studie.

Um die Akzeptanz von adaptiven Assistenzsystemen untersuchen zu können, ist es zunächst erforderlich, ein grundlegendes Verständnis für den Verwendungskontext im Fahrzeug und die Anforderungen der Benutzer an Optionsangebote und Assistenzsysteme zu schaffen. In einer ersten qualitativen Studie werden dazu mit Hilfe von problemzentrierten Interviews und der qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring Verwendungssituationen von geographischen Optionen (z.B. POIs) im Fahrzeugnavigationssystem, deren Mängel und die Präferenzen der Benutzer bzgl. zukünftiger adaptiver Optionsangebote ermittelt (Mayring 2008). Basierend auf den Ergebnissen dieser explorativen Studie werden Hypothesen zum Einfluss des Kontextes auf die Akzeptanz aufgestellt, die in den folgenden Studien untersucht werden sollen.

In der zweiten Studie wird die Akzeptanz verschiedener Assistenzsysteme mit Hilfe einer Szenario-Befragung näher beleuchtet. Dabei werden sowohl die Art der Assistenz als auch einzelne Kontextfaktoren variiert. Die Szenarien für die Befragung werden mit Hilfe der ermittelten Kontextfaktoren aus der explorativen Studie gebildet. Zudem richten sich die Assistenzarten, die in den Szenarien beschrieben werden, nach den Unterstützungswünschen der Versuchspersonen aus der ersten Studie. Die Messung der Akzeptanz erfolgt mit der aus der Literatur bestimmten Methode. Ziel der zweiten Studie ist es, akzeptierte Assistenzarten zu finden, die anschließend prototypisch realisiert werden können.

Anschließend werden mit Hilfe der Erkenntnisse aus der zweiten Studie zwei Varianten von Assistenzsystemen prototypisch realisiert, die dann in bis zu drei Simulationsstudien auf ihre Akzeptanz hin getestet und evaluiert werden. In diesen Studien werden, wie bereits auch in der zweiten Studie, jeweils verschiedene Nutzungskontextfaktoren variiert. Zusätzlich werden in den Experimenten neben der Akzeptanz auch Variablen des Fahrverhaltens gemessen, da Studien von Polkehn et al. (2002) zeigten, dass die alleinige Messung der Akzeptanz zur Evaluierung neuer technischer Systeme nicht ausreicht.

Aufbauend auf den empirischen Ergebnissen werden abschließend allgemeingültige Richtlinien zur Gestaltung von adaptiven Assistenzsystemen zur Optionsauswahl im mobilen Nutzungskontext formuliert.

#### 4. Literatur

1. Arndt, S. 2008, Prädiktoren der Akzeptanz von Fahrerassistenzsystemen. In: J. Schade & A. Engeln (Hrsg.), Fortschritte der Verkehrspsychologie, Beiträge vom 45. Kongress der Deutschen Gesellschaft für Psychologie 2008. Wiesbaden: VS Verlag, S. 313-337.
2. Bubb, H. 2003, Fahrerassistenz primär ein Beitrag zum Komfort oder zur Sicherheit? In: VDI (Hrsg.), Der Fahrer im 21. Jahrhundert Anforderungen, Anwendungen, Aspekte für Mensch-Maschine-Systeme, VDI-Bericht. Düsseldorf: VDI-Verlag, S. 25-33.
3. Davis, F.D., Bagozzi, R.P. & Warshaw, P.R. 1989, User acceptance of computer technology: A comparison of two theoretical models, Management Sciences, 35, 982-1002.
4. DIN EN ISO 9241, Teil 11 1998, Ergonomische Anforderungen für Bürotätigkeiten mit Bildschirmgeräten. Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit. Berlin: Beuth.
5. Mayring, P. 2008, Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Technik, 10.Auflage. Weinheim: Beltz Verlag.
6. Nitschke, J. 2004, Assistenz bei Auswahlprozessen. Untersuchungen zu adaptiver und adaptierbarer Assistenz bei der Auswahl von Filmen. Berlin: Logos Verlag.
7. Polkehn, K., Preuschhof, C. & Kussmann, H. 2002, Assistenz und Automatisierung im KFZ – Simulationsstudien zur Unterstützung der Abstandshaltung. In: Materialien der 44. Fachausschusssitzung des FA "Anthropotechnik" der DGLR.
8. Rothensee, M. 2010, Psychological Determinants of the Acceptance of Future Ubiquitous Computing Application. Hamburg: Verlag Dr. Kovač.
9. Wandke, H. 2005, Assistance for human-machine interaction: a conceptual framework and a proposal for a taxonomy, Theoretical Issues in Ergonomics Science, 6, 129-155.

## **Forum Arbeitsphysiologie**



# Effort-Reward-(Im)Balance als Prädiktor für die Gesundheit von Führungskräften und Lehrern?

Stefanie DECKERT und Reingard SEIBT

*Institut und Poliklinik für Arbeits- und Sozialmedizin, TU Dresden,  
Fetscherstraße 74, D-01307 Dresden*

**Kurzfassung:** An einer männlichen Stichprobe von 47 Führungskräften und 83 Lehrern wurde die Bedeutung der Effort-Reward-Imbalance (ERI) für objektive und subjektive Gesundheitsparameter sowie der Moderatoreffekt personbezogener Variablen (Erholungsunfähigkeit und sportliche Aktivität) untersucht. Das ERI-Ratio erwies sich bei beiden Berufsgruppen als Prädiktor für Beschwerden. Erholungsunfähigkeit moderiert den Zusammenhang zwischen ERI-Ratio und Beschwerden nicht, sportliche Aktivität in geringem Ausmaß.

**Schlüsselwörter:** Effort-Reward-(Im)Balance, Gesundheit, Führungskraft, Lehrer.

## 1. Einleitung

Erwerbsarbeit stellt sowohl aus pathogenetischer als auch salutogenetischer Perspektive eine bedeutende Determinante der Gesundheit dar. Die im Kontext einer sich wandelnden Arbeitswelt begründete Verschiebung des Belastungs- und Anforderungsmusters erfordert eine frühzeitige, ursächliche Identifizierung von arbeitsbedingten Gefährdungen. Besonders in der Diskussion stehen die durch ein hohes Ungleichgewicht von Verausgabung (Effort) und Belohnung (Reward) charakterisierten beruflichen Gratifikationskrisen, die Fehlbeanspruchungsfolgen auslösen, und je nach Intensität und Dauer, krankheitsinduzierend wirken können (Siegrist 1996).

Auch wenn zahlreiche empirische Untersuchungen einen Zusammenhang zwischen einer Effort-Reward-Imbalance (im Folgenden ERI) und dem Risiko für Gesundheitsbeeinträchtigungen nachweisen konnten (van Vegchel et al. 2005), variieren die Effektstärken der Studienergebnisse sehr stark. Auch muss defizitär festgestellt werden, dass in bisherigen Studien überwiegend nur die direkten Wirkungsrichtungen zwischen ERI und Gesundheitsparametern betrachtet wurden, während moderierende personbezogene Faktoren bisher weitgehend unberücksichtigt blieben. Ihre Identifizierung könnte sich jedoch für die Implementierung von präventiven und gesundheitsförderlichen Maßnahmen als bedeutsam erweisen. Daher sollen exemplarisch an zwei unterschiedlichen Berufsgruppen die prädiktive Bedeutung der ERI für objektive und subjektive Gesundheitsparameter überprüft und zusätzlich Moderatoreffekte von personbezogenen Variablen auf den Zusammenhang zwischen ERI und Gesundheitsparametern untersucht werden.

## 2. Methode

### 2.1 Stichprobe

Im Rahmen von arbeitsmedizinisch-psychologischen Vorsorgeuntersuchungen

wurden Führungskräfte und Lehrer hinsichtlich ihrer Arbeitsbedingungen sowie ihres Gesundheitszustandes und ausgewählter Personmerkmale untersucht. In die Auswertung wurden nur Männer einbezogen: 47 Führungskräfte (Durchschnittsalter  $49 \pm 8$  Jahre) eines produzierenden Gewerbes und 83 Lehrer (Durchschnittsalter  $47 \pm 7$  Jahre) aus Grund- und Mittelschulen sowie Gymnasien. Unter Berücksichtigung der Berufsbiografie und des Anstellungsverhältnisses lassen sich bedeutsame Mittelwertunterschiede aufzeigen, wonach Führungskräfte durchschnittlich 11 Jahre in diesem Beruf tätig sind, die Lehrer hingegen bereits 23 Jahre. Während Führungskräfte ausschließlich in Vollzeit tätig sind (100 %), arbeitet knapp die Hälfte der Lehrer (43 %) in Teilzeit.

## *2.2 Instrumente*

Die Arbeitsbedingungen und -anforderungen wurden mittels Berufsanamnese, die ERI mit dem gleichnamigen ERI-Questionnaire (ERI-Q: Rödel et al. 2004) ermittelt, wobei ab ERI-Ratio  $\geq 1$  ein Gesundheitsrisiko besteht. Die hier eingesetzte Kurzversion umfasst die Skalen der geforderten beruflichen Leistung (Verausgabung bzw. Effort) bei der Arbeitstätigkeit sowie die leistungsbezogene Belohnung (Gratifikation bzw. Reward) mit den drei Subskalen Status bzw. beruflicher Aufstieg, Wertschätzung bzw. Anerkennung und Arbeitsplatzsicherheit. Zur Einschätzung des Gesundheitszustandes wurden neben objektiven auch subjektive Gesundheitsparameter berücksichtigt. Dementsprechend wurden einerseits Risikofaktoren für Herz-Kreislauf-Erkrankungen, wie Blutdruck, Body Mass Index (BMI) und Fitness Index (PPI), und andererseits physische und psychische Beschwerden (BFB: Höck & Hess 1975) erhoben. Als Personmerkmale wurden exemplarisch die Erholungsunfähigkeit (FABA: Richter et al. 1996) sowie das individuelle Gesundheitsverhalten anhand der Häufigkeit der sportlichen Aktivität (Seibt et al. 2007) einbezogen.

## *2.3 Statistische Auswertung*

Datenanalyse und statistische Auswertung erfolgten mit dem Programm SPSS (Version 15.0). In Abhängigkeit des Skalenniveaus wurden: (1) Unterschiedstests (t-Test, Chi-Quadrat-Test), (2) zur Ermittlung der prädiktiven Wirkung des ERI-Ratios (getrennt für beide Berufsgruppen) eine lineare Regressionsanalyse und (3) zur Berechnung eines potenziellen Moderatoreffekts durch personbezogene Variablen eine moderierte Regressionsanalyse (für die Gesamtstichprobe) angewendet.

# **3. Ergebnisse**

## *3.1 Berufsgruppenunterschiede*

Der Berufsgruppenvergleich zeigt, dass Führungskräfte im Gegensatz zu Lehrern häufiger eine Effort-Reward-Balance erleben. Für Führungskräfte konnte demzufolge ein signifikant günstigeres ERI-Ratio ermittelt werden ( $0,5$  vs.  $0,7$ ;  $p=.000$ ), das aus einer höher erlebten Belohnung resultiert (vgl. Tabelle 1). Anhand des ERI-Ratios entsprechen 13 % der Lehrer der Gruppe mit einem Gesundheitsrisiko. Bezüglich der Gesundheitsparameter lässt sich feststellen, dass der Anteil der Hypertoniker bei Führungskräften signifikant niedriger als bei Lehrern ist ( $45$  % vs.  $68$  %). Hingegen ergaben sich für den BMI sowie PPI keine Berufsgruppenunterschiede. Für die An-



zahl physischer und psychischer Beschwerden kann man feststellen, dass Führungskräfte im Vergleich zu Lehrern signifikant weniger Beschwerden angeben (2 vs. 7;  $p=.000$ ). Bezogen auf den Wertebereich ist jedoch die Anzahl der berichteten Beschwerden bei beiden Berufsgruppen als niedrig einzuordnen, wobei die körperlichen Beschwerden dominieren. Während Führungskräfte erholungsfähiger sind als Lehrer, ergaben sich für die Häufigkeit der sportlichen Aktivität keine Berufsgruppenunterschiede (vgl. Tabelle 1).

**Tabelle 1:** Berufsgruppenvergleich ausgewählter arbeits-, gesundheits- und personbezogener Merkmale (Anmerkungen: FÜ: Führungskräfte; LE: Lehrer; MW  $\pm$  SD: Mittelwert  $\pm$  Standardabweichung; Median (Q25; Q75): Median (25. und 75. Quartil); Häufigkeiten [%]: Chi-Quadrat-Test (Pearson); Signifikanzprüfungen: t-Test für unabhängige Stichproben; n. s.: nicht signifikant <sup>1</sup> Deutsche Hypertoniegesellschaft (2001); <sup>2</sup> Pulse-Performance-Index - PPI: Quotient aus Pulsfrequenzdifferenz zur Belastung und Belastungszeit; <sup>3</sup> Deutsche Adipositas-Gesellschaft (2007)

Variable		FÜ (N = 47)	LE (N = 83)	Signifikanz (Effektstärke)
<b>Effort-Reward-Imbalance</b>				
Effort [Range: 6-30]	MW $\pm$ SD	13,3 $\pm$ 3,2	14,7 $\pm$ 3,8	.037 (.38)
Reward [Range: 11-55]	MW $\pm$ SD	52,5 $\pm$ 2,9	41,7 $\pm$ 7,6	.000 (.2.08)
ERI-Risiko (ERI-Ratio $\geq$ 1)	% (Anzahl)	0,0 (0)	13 (11)	.007 (.47)
<b>Gesundheitsbezogene Variablen</b>				
Hypertonie [ $\geq$ 140/90 mmHg] <sup>1</sup>	% (Anzahl)	45 (21)	68 (57)	.011 (.46)
Übergewicht [BMI $\geq$ 25kg/m <sup>2</sup> ] <sup>2</sup>	% (Anzahl)	72 (30)	70 (58)	n. s.
Fitness-Index [PPI < 1] <sup>3</sup>	% (Anzahl)	7 (3)	17 (13)	n. s.
Beschwerden [Range: 0-70]	Median (Q25; Q75)	2 (1; 4)	7 (4; 11)	.000 (1.04)
<b>Personbezogene Variablen</b>				
Erholungsunfähigkeit [Range: 6 - 24]	MW $\pm$ SD	10 $\pm$ 3,4	14,4 $\pm$ 3,7	.000 (.37)
Sportliche Aktivität [mind. 2-3 x/Woche]	% (Anzahl)	44 (20)	43 (36)	n. s.

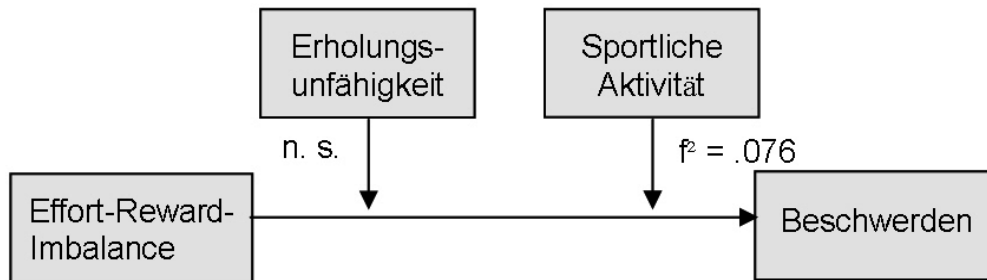
### 3.2 Zusammenhangsanalysen

Regressionsanalysen ergaben, dass Beschwerden bei Führungskräften zu 21 % (korr.  $R^2 = 0,209$ ) und bei Lehrern zu 18 % (korr.  $R^2 = 0,178$ ) durch das ERI-Ratio aufgeklärt werden. Zutreffend nur für die Lehrer konnte bezogen auf die Risikofaktoren für Herz-Kreislauf-Erkrankungen eine nicht zufriedenstellende Varianzaufklärung für den systolischen und diastolischen Blutdruck (4,4 %; 5,4 %) ermittelt werden. Aufbauend auf die vorhergehende Analyse wurde der potenzielle Moderatoreffekt durch personbezogene Variablen überprüft. Erholungsunfähigkeit moderiert weder den Zusammenhang zwischen ERI und kardiovaskulären Risikofaktoren noch zwischen ERI und Beschwerden, d.h. durch die Erholungsunfähigkeit ergab sich kein Puffereffekt (vgl. Abbildung 1). Sportliche Aktivität moderiert dagegen den Zusammenhang zwischen ERI und Beschwerden in geringem Ausmaß ( $f^2 = .076$ ).

## 4. Diskussion und Schlussfolgerung

Die aufgezeigte und z. T. unzureichende Varianzaufklärung von objektiven und subjektiven Gesundheitsparametern legt die Vermutung nahe, dass weitere Faktoren in ihrem Einfluss bedeutsamer sind als die hier untersuchte ERI. Führungskräfte

nehmen im Rahmen ihrer Arbeitstätigkeit ein hohes Maß an Gratifikationen wahr, wodurch die hohe geforderte berufliche Verausgabung durch protektive Faktoren – Belohnung, Erholungsfähigkeit und gute Fitness – kompensiert wird. Trotzdem darf nicht übersehen werden, dass auch die Führungskräfte aufgrund ihrer ausgeprägten Risikofaktoren für Herz-Kreislauf-Erkrankungen gesundheitlich gefährdet sind, was auf deutlichen Handlungsbedarf in Form geeigneter Präventions- und Interventionsprogramme hinweist.



**Abbildung 1:** Moderatoreffekte zwischen Effort-Reward-Imbalance und Beschwerden ( $f^2$  = Effektstärke des Moderatoreffekts)

Für die praxisorientierte Forschung kann neben der Untersuchung von linearen Zusammenhangsanalysen zwischen ERI und Gesundheitsparametern die Interaktion personbezogener Faktoren relevant sein. Die moderierende Wirkung der sportlichen Aktivität zeigt einmal mehr, dass Vorsorgeprogramme für Führungskräfte und Lehrer neben arbeits- und gesundheitsbezogenen auch personbezogene Merkmale enthalten müssen. Insbesondere müssen Vorsorgeprogramme bei Führungs- und Lehrkräften neben „Fehlbelastungsfaktoren“ und psychischen sowie psychosomatischen Gesundheitsgefahren auch die „Zivilisationskrankheiten“ und Aspekte des Gesundheitsverhaltens berücksichtigen.

## 5. Literatur

1. Höck, K. & Hess, H. 1975, Der Beschwerdenfragebogen (BFB). Berlin: Deutscher Verlag der Wissenschaften.
2. Richter, P., Rudolf, M. & Schmidt, C.F. 1996, Fragebogen zur Analyse belastungsrelevanter Anforderungsbewältigungen. Frankfurt am Main: Swets Verlag.
3. Rödel, A., Siegrist, J., Hessel, A. & Brähler, E. 2004, Fragebogen zur Messung beruflicher Gratifikationskrisen. Psychometrische Testung an einer repräsentativen Stichprobe, Zeitschrift für Differentielle und Diagnostische Psychologie, 25, 227-238.
4. Seibt, R., Dutschke, D., Hübler, A. & Scheuch, K. 2007, Handlungsanleitung zur individuellen Vorsorgediagnostik für Lehrkräfte – das Dresdner Modell. Dresden: Selbstverlag der Technischen Universität Dresden.
5. Siegrist, J. 1996, Adverse Health Effects of High-Effort/Low-Reward Conditions, Journal of Occupational Health Psychology, 1, 27-41.
6. van Vegchel, N., de Jonge, J., Bosma, H. & Schaufeli, W. 2005, Reviewing the Effort-Reward-Imbalance Model: Drawing up the Balance of 45 empirical Studies, Social Science and Medicine, 60, 1117-1131.

# Wechselwirkungen von emotionaler Dissonanz und kognitiven Kontrolldefiziten auf Burnout und Abwesenheitsverhalten

Stefan DIESTEL und Klaus-Helmut SCHMIDT

*Leibniz-Institut für Arbeitsforschung an der TU Dortmund,  
Ardeystraße 67, D-44139 Dortmund*

**Kurzfassung:** Die vorliegende Studie hat die Moderatorwirkung von kognitiven Kontrolldefiziten auf den positiven Zusammenhang zwischen emotionaler Dissonanz und Burnout sowie Abwesenheitsverhalten zum Gegenstand. Experimentelle Befunde lassen vermuten, dass Beeinträchtigungen der kognitiven Kontrolle als Vulnerabilitätsfaktor die Beanspruchungswirkung von geforderter Emotionskontrolle verstärken. Das ist insbesondere dann zu erwarten, wenn Emotionen gezeigt werden müssen, die nicht den tatsächlich erlebten Emotionen entsprechen. Basierend auf einer Stichprobe von 327 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter einer großen Landesverwaltung, bestätigten Strukturgleichungsanalysen den Verstärkungseffekt von kognitiven Kontrolldefiziten auf den Zusammenhang zwischen emotionaler Dissonanz und Burnout sowie Abwesenheitsverhalten. Demzufolge fallen die adversen Effekte von emotionaler Dissonanz auf Burnout und Abwesenheitsverhalten mit zunehmenden Kontrolldefiziten stärker aus.

**Schlüsselwörter:** Burnout, Abwesenheitsverhalten, emotionale Dissonanz, kognitive Kontrolldefizite, Latente Moderatoranalysen.

## 1. Einleitung

Emotionsarbeit bezieht sich auf die willentliche Steuerung der eigenen Emotionen mit der Absicht, durch Manipulation von Gestik und Mimik sowie durch gezielte Wortwahl einen spezifischen emotionalen Eindruck beim Interaktionspartner zu erzeugen (Hochschild 1983). Eine bereits häufig nachgewiesene Folge von geforderter Emotionsarbeit am Arbeitsplatz ist die Zunahme des Beanspruchungserlebens, wie bspw. Burnout. Das ist insbesondere dann zu erwarten, wenn die eigene Arbeitsrolle das Zeigen von Emotionen erforderlich macht, die nicht mit den tatsächlich empfundenen Emotionen im Einklang stehen, also wenn im sozialen Interaktionsprozess (bspw. im Kundengespräch) emotionale Dissonanz erlebt wird (Abraham 1998).

Ein zentrales, aber häufig nur beiläufig erwähntes Ergebnis der Untersuchungen zur Emotionsarbeit ist, dass die adversen Wirkungen von emotionaler Dissonanz auf Beanspruchungserleben durch erhebliche interindividuelle Unterschiede gekennzeichnet sind, d.h. das Zeigen von nicht empfundenen Emotionen ist für einige Beschäftigte mit mehr psychischen Kosten verbunden als für andere (Judge et al. 2009). Während in der arbeitswissenschaftlichen Forschung dieser Aspekt bislang weitgehend vernachlässigt wurde, haben experimentelle Untersuchungen auf interindividuelle Faktoren fokussiert, die die Unterschiede in der Beanspruchungswirkung von Emotionskontrolle bedingen. Im Rahmen dieser Forschungsbemühung wurde der empirische Nachweis erbracht, dass Unterschiede in der kognitiven Kontrollressource erklären, warum für einige Personen Emotionskontrolle mit mehr Beanspruch-

chung verbunden ist als für andere. Dieser Befund stimmt mit der theoretischen Vorstellung überein, dass die erfolgreiche Bewältigung von emotionaler Dissonanz kognitive Kontrollprozesse auslöst, die auf eine begrenzte Ressourcenkapazität zurückgreifen und im Falle der Erschöpfung dieser Ressource Beanspruchungseffekte entfalten.

Kognitive Kontrolldefizite beschreiben Beeinträchtigungen der willentlichen Steuerung von Wahrnehmungs- und Gedächtnisprozessen sowie von Handlungskontrollprozessen (Broadbent et al. 1982). Diese Beeinträchtigungen manifestieren sich in Konzentrations- und Gedächtnisproblemen, Handlungskontrollversagen sowie in mangelnder Impulskontrolle und indizieren eine niedrig ausgeprägte Kontrollressource. Personen mit hohem Burnouterleben berichten über starke kognitive Kontrolldefizite und erzielen schwache Leistungen in kognitiven Tests. Aus diesem Befund wurde die Vermutung abgeleitet, dass kognitive Kontrolldefizite einen personenbezogenen Vulnerabilitätsfaktor darstellen, der Beschäftigte gegenüber den Folgen von arbeitsbedingten Anforderungen an die kognitive Kontrolle anfälliger werden lässt (Van der Linden et al. 2005).

Wenn die Bewältigung von emotionaler Dissonanz den Einsatz von kognitiven Kontrollprozessen impliziert und über die Erschöpfung der begrenzten kognitiven Kontrollressource ihre Beanspruchungswirkung entfaltet, so sollten im Falle hoher emotionaler Dissonanz Personen mit hoch ausgeprägten kognitiven Kontrolldefiziten stärker von Burnout betroffen sein als Personen mit geringen Kontrolldefiziten. Die im Folgenden dargestellten Analysen überprüfen die theoretisch erwartete Moderatorwirkung von kognitiven Kontrolldefiziten auf den Zusammenhang zwischen emotionaler Dissonanz und Burnout sowie Abwesenheitsverhalten. Durch Berücksichtigung von zwei Fehlzeitenindizes wird überprüft, ob sich die erwarteten Interaktionseffekte durch Beanspruchungsmaße spiegeln lassen, deren statistische Zusammenhänge mit Selbstberichtsdaten nicht durch Einflüsse gemeinsamer Methodenvarianz verzerrt sind.

## 2. Methode

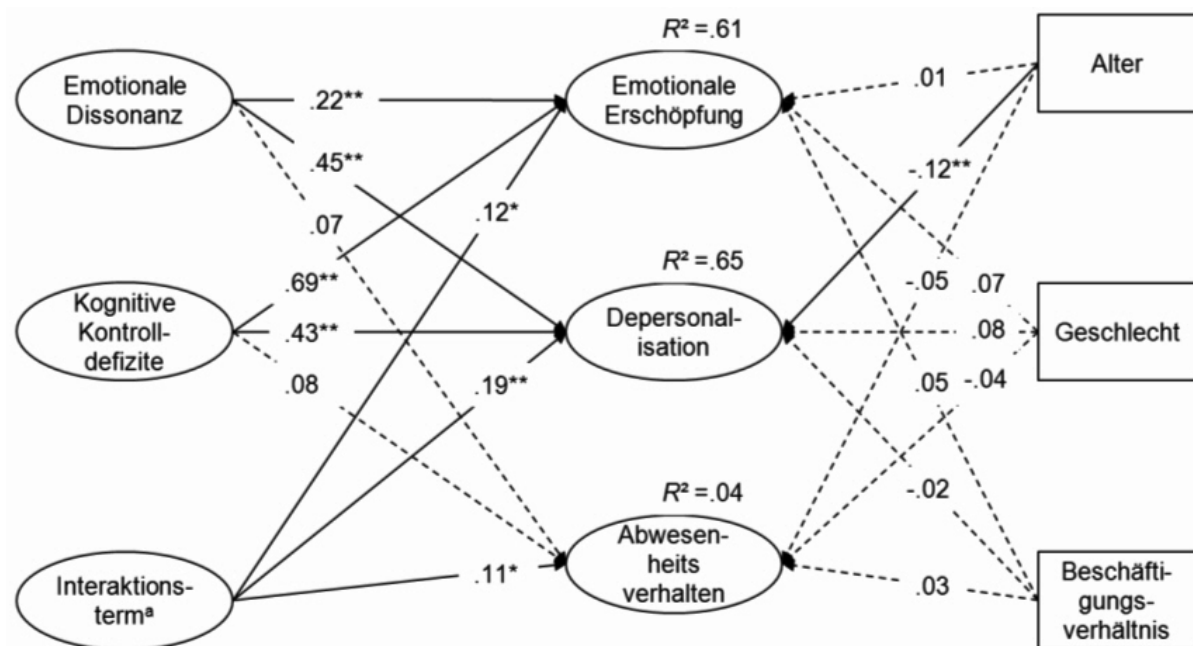
Untersuchungsteilnehmer waren Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter einer großen Landesverwaltung (N=327), die häufig geforderter Emotionsarbeit ausgesetzt sind. Die Befragung fand in Gruppen „vor Ort“ während der regulären Arbeitszeit statt. Das Durchschnittsalter betrug 41.92 Jahre (SD=10.23) und der Frauenanteil lag bei 55.7%.

Die Erfassung der emotionalen Dissonanz erfolgte mit einer Skala (4 Items;  $\alpha=.92$ ) der Frankfurter Skalen zur Emotionsarbeit (Zapf et al. 1999). Die Messung der kognitiven Kontrolldefizite basierte auf den ins Deutsche übertragene, 25 Items umfassende ( $\alpha=.86$ ) Cognitive Failure Questionnaire (CFQ, Broadbent et al. 1982). Kriteriumsmaße der Arbeitsbeanspruchung waren die beiden Burnout-Dimensionen Emotionale Erschöpfung (9 Items;  $\alpha=.89$ ) und Depersonalisation (4 Items;  $\alpha=.78$ ) (Büssing & Perrar 1992). Als Fehlzeitenindizes fungierten die über einen Zeitraum von 12 Monaten nach der Befragung erfassten Summe der Fehltag und Abwesenheitshäufigkeit, die als Indikatoren einer latenten Variablen (Abwesenheitsverhalten) definiert wurden.

Zur Kontrolle potentiell konfundierender Einflüsse wurden Alter, Geschlecht (1=weiblich; 2=männlich) sowie das Beschäftigungsverhältnis (1=teilzeit; 2=vollzeit) der Untersuchungsteilnehmer mit in die Analysen einbezogen.

### 3. Ergebnisse

Die Analyse der Interaktionseffekte zwischen emotionaler Dissonanz sowie kognitive Kontrolldefiziten auf beide Burnout-Dimensionen sowie Abwesenheitsverhalten erfolgte unter Einsatz nicht-linearer Strukturgleichungsmodelle (Latent Moderated Structural Equation Modeling; LMS, Klein & Moosbrugger 2000), deren Parameter mit Hilfe von Mplus (Muthén & Muthén 2007) spezifiziert und geschätzt wurden. Abbildung 1 stellt die Ergebnisse der Vorhersage der beiden Burnout-Dimensionen und des Abwesenheitsverhalten durch die biographischen Daten, der emotionalen Dissonanz sowie durch die kognitiven Kontrolldefizite und schließlich durch die Interaktion der beiden Prädiktoren grafisch dar.

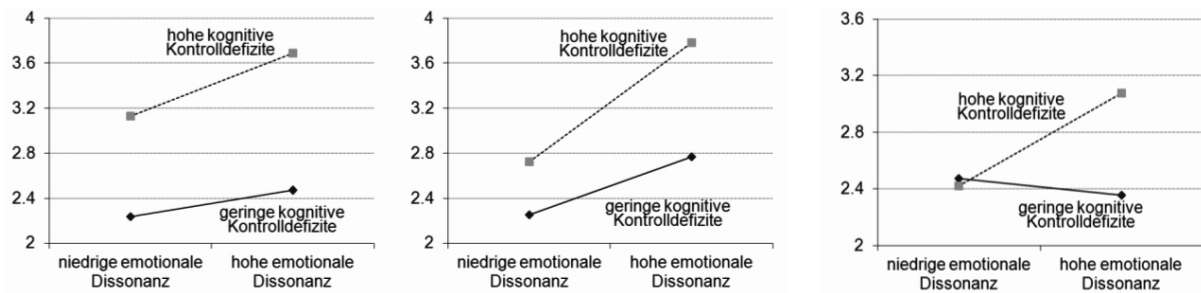


**Abbildung 1:** LMS-Schätzungen Haupt- und Interaktionseffekte von emotionaler Dissonanz und kognitiven Kontrolldefiziten auf emotionale Erschöpfung und Depersonalisation sowie Abwesenheitsverhalten unter statistischer Kontrolle der biographischen Merkmale (\*  $p < .05$ ; \*\*  $p < .01$ ; Kreuzprodukt aus emotionaler Dissonanz und Kontrolldefiziten)

Die sich auf die Interaktion zwischen emotionaler Dissonanz und Kontrolldefiziten beziehenden Wechselwirkungsparameter ( $\omega$ ) erreichten in der Vorhersage aller abhängigen Variablen statistische Bedeutsamkeit. Die durch die Wechselwirkungen bedingten inkrementellen Varianzaufklärungen ( $\Delta R^2$ ) in den Kriteriumsmaßen variieren zwischen 1 und 4 Prozent. Der signifikant ausfallende Log-Likelihood-Differenzwert ( $\Delta -2LL$ ) weist auf statistische Interaktionseffekte in der zu Grunde liegenden Population hin.

Abbildung 2 zeigt die Wechselwirkungen von emotionaler Dissonanz und den Kontrolldefiziten in der Vorhersage der beiden Burnout-Dimensionen und dem Abwesenheitsverhalten. Wie die Abbildung erkennen lässt, nimmt der positive Zusammenhang zwischen emotionaler Dissonanz und den abhängigen Variablen als Funktion der kognitiven Kontrolldefiziten zu.





**Abbildung 2:** Wechselwirkungen zwischen emotionaler Dissonanz und Kontrolldefizite auf emotionale Erschöpfung und Depersonalisation sowie auf Abwesenheitsverhalten

## 4. Diskussion

Das Befundmuster der vorliegenden Untersuchung untermauert den theoretischen Status der kognitiven Kontrolldefizite als personenbezogenen Vulnerabilitätsfaktor, der Personen gegenüber den Beanspruchungsfolgen geforderter Emotionsarbeit empfindlicher werden lässt. Der Verstärkungseffekt von Kontrolldefiziten schlägt sich nicht nur in einer von emotionaler Dissonanz beeinflussten Zunahme des Burnouterlebens nieder, sondern manifestiert sich auch in einer Zunahme des Abwesenheitsverhaltens, das nachweislich mit erheblichen ökonomischen Einbußen für Organisationen verbunden ist.

## 5. Literatur

1. Abraham, R. 1998, Emotional dissonance in organizations: Antecedents, consequences and moderators, *Genetic, Social, and General Psychology Monographs*, 124, 229-246.
2. Broadbent, D.E., Cooper, P.F., FitzGerald, P. & Parkes, K.R. 1982, The Cognitive Failures Questionnaire (CFQ) and its correlates, *British Journal of Clinical Psychology*, 21, 1-16.
3. Büssing, A. & Perrar, K.M. 1992, Die Messung von Burnout. Untersuchung einer Deutschen Fassung des Maslach Burnout Inventory (MBI-D), *Diagnostica*, 38, 328-353.
4. Klein, A. & Moosbrugger, H. 2000, Maximum likelihood estimation of latent interaction effects with the LMS method, *Psychometrika*, 65, 457-474.
5. Hochschild, A.R. 1983, *The managed heart*. Berkeley, CA: University of California Press.
6. Judge, T.A., Woolf, E.F. & Hurst, C. 2009, Is emotional labor more difficult for some than for others? A multilevel, experience-sampling study, *Personnel Psychology*, 62, 57-88.
7. Muthén, L.K. & Muthén, B.O. 2007, *Mplus User's Guide*, 5. edition. Los Angeles: Muthén & Muthén.
8. Van der Linden, D., Keijsers, G.J.P., Eling, P. & van Schaijk, R. 2005, Work-related stress and attention to action: An initial study on burnout and executive control, *Work & Stress*, 19, 1-14.
9. Zapf, D., Vogt, C., Seifert, C., Mertini, H. & Isic, A. 1999, Emotion work as a source of stress: The concept and development of an instrument, *European Journal of Work and Organizational Psychology*, 8, 371-400.



## Tumorprotein p63 nahe Mutation und Harnblasenkarzinom-Erkrankungsrisiko

Marie-Luise LEHMANN, Jan G. HENGSTLER und Klaus GOLKA

*Leibniz-Institut für Arbeitsforschung an der TU Dortmund (IfADo),  
Ardeystraße 67, D-44139 Dortmund*

**Kurzfassung:** Wir untersuchten den Einfluss einer Tumorprotein p63 nahen Mutation auf das Risiko an einem Harnblasenkarzinom zu erkranken. Dafür ermittelten wir eine Mutation, den Single Nucleotide Polymorphism (SNP) rs710521[A], bei 232 Harnblasenkarzinom-Patienten, die aufgrund beruflicher Exposition mit Harnblasenkrebs erzeugenden Stoffen einen angezeigten Verdacht auf eine Berufskrankheit („BK 1301“) aufwiesen. Eine zweite Gruppe bildeten 211 Harnblasenkarzinom-Patienten einer urologischen Klinik. Die Kontrollgruppe stellten 184 Patienten derselben urologischen Klinik dar, die kein Malignom in der Krankengeschichte aufwiesen. Dabei zeigte sich, dass die beobachtete Mutation, der Polymorphismus rs710521[A], keinen unterschiedlich starken Einfluss auf das Harnblasenkarzinom-Erkrankungsrisiko bei Patienten mit und ohne berufliche Exposition gegen Harnblasenkrebs erzeugende Stoffe, insbesondere aromatische Amine, aufweist.

**Schlüsselwörter:** Harnblasenkarzinom, Single Nucleotide Polymorphism rs710521[A], Tumorprotein p63.

### 1. Einleitung

Kürzlich wurde eine Arbeit publiziert, in der ein Einfluss einer Tumorprotein p63 nahen Mutation auf das Harnblasenkarzinom-Erkrankungsrisiko erstmals beschrieben wurde (Kiemeneij et al. 2008). Das Tumorprotein p63 scheint assoziiert mit der Differenzierung des Urothels und mit der durch DNA-Schädigungen induzierten Apoptose („programmierter Zelltod“) zu sein. Außerdem wird eine wesentliche Rolle in der Progression urothelialer Neoplasien beschrieben. In der vorliegenden Studie war der Einfluss des Single Nucleotide Polymorphism (SNP) rs710521[A], der auf Chromosom 3q28 liegt, sowohl bei hinsichtlich der beruflichen Exposition unausgewählten Klinikpatienten mit Harnblasenkarzinom als auch bei Gutachtenpatienten mit der Anzeige des Verdachtes auf das Vorliegen eines beruflich bedingten Harnblasenkarzinoms („BK 1301“) zu untersuchen. Hierbei galt es herauszufinden, ob ein signifikanter Unterschied der Merkmalsausprägung zwischen den drei untersuchten Patientengruppen besteht. Die beruflich mit das Harnblasenkarzinomrisiko erhöhenden Gefahrstoffen exponierten Patienten wurden unausgewählten Harnblasenkrebspatienten einer urologischen Klinik und nicht an bösartigen Tumoren erkrankten Kontrollpatienten derselben urologischen Klinik gegenübergestellt.

## 2. Methode

### 2.1 Untersuchte Patienten

Es wurden in der urologischen Klinik in der Lutherstadt Wittenberg (Sachsen-Anhalt) 211 Patienten, die an einem Harnblasenkarzinom erkrankt waren, untersucht und zu ihren beruflichen Tätigkeiten im Laufe ihres Lebens, ihrem Umgang mit potentiell gefährlichen Arbeitsstoffen und ihrem Rauchverhalten umfassend befragt. Diesen gegenüber stehen 232 begutachtete Harnblasenkarzinompatienten aus dem Einzugsbereich der gesamten Bundesrepublik, bei denen eine Verdachtsanzeige auf das Vorliegen einer Berufskrankheit (BK 1301) erstattet wurde, da Hinweise auf berufliche Tätigkeiten mit Arbeitsstoffen, die als Risiko erhöhend für die Entstehung eines Harnblasenkarzinoms gelten, bestehen. Als Kontrollen dienten 184 Patienten der gleichen Klinik in der Lutherstadt Wittenberg ohne Malignom in der Krankengeschichte.

### 2.2 Untersuchung des Polymorphismus

Sämtliche Patienten wurden mittels Standardmethoden auf das Vorliegen der Tumorprotein p63 nahen Mutation (Single Nucleotide Polymorphism rs710521[A]) mittels Real Time Polymerase-Kettenreaktion (TaqMan®-Technik) genotypisiert. Dabei wurde der Polymorphismus der Nukleobasen Adenin -> Guanin bestimmt, wobei der häufigere Polymorphismus Adenin in der Literatur als Wildtyp (Referenz) und Guanin als Mutation (Variante) bezeichnet werden. Der hier verwendete Assay beinhaltete 2 Primer und 2 Sonden (Applied Biosystems), die revers die dazu komplementären Nukleobasen und damit den Polymorphismus Cytosin -> Thymin detektierten. Zur Standardisierung wurden bei jeder Real Time PCR Messung analysierte Positivkontrollen für die drei verschiedenen Genotypen [CC], [TT] und [CT] mitgeführt. Die hier gemessenen Nukleobasen Cytosin und Thymin entsprechen bei verwendeter reverser Messtechnik den in der Literatur beschriebenen Nukleobasen Adenin und Guanin. Um DNA-Kontamination auszuschließen, wurden zusätzlich als Negativkontrolle zwei Leerwerte (SNP-Assay + DNase freies Wasser) eingesetzt. Diese dienten außerdem dem TaqMan®-Messgerät zur Fluoreszenzabgrenzung von gemessenen Farbstoff-Clustern zu einem Hintergrund Signal und wurden als No Template Controls (NTC) bezeichnet.

Die durchgeführte Polymerase-Kettenreaktion ermöglichte eine exponentielle Vervielfältigung der zu untersuchenden DNA-Sequenz, in ihrer Länge begrenzt durch die Lage der Primerbindungsstellen. Diese Amplifikation lief in drei Schritten, zuerst wurde die zu einem Assay (mit allgemein üblichem Master Mix, notwendigen Enzyme, Primer, Nukleobasen und PCR-Puffer beinhaltend) gegebene isolierte Doppelstrang-DNA aus dem abgenommenen EDTA-Blut (Ethylendiamin-tetraessigsäure, üblicherweise zur Antikoagulation von Blutproben verwendet) der zu untersuchenden Patienten denaturiert. Die vorliegenden Einzelstränge ermöglichten dann eine Anlagerung der Primer und es erfolgte daraufhin die Synthese von Kopien der Matrizen durch eine Verlängerung der Primer. Zur Durchführung der PCR wurden die PCR Sätze einem zyklisch wiederholten Temperaturprofil unterworfen, danach erfolgte die Fluoreszenzauswertung.

Die TaqMan®-Technik bietet den Vorteil, dass die Anwesenheit bestimmter DNA-Sequenzen durch ein Fluoreszenzsignal detektierbar werden, dies geschieht durch 2 verschiedene Fluoreszenzfarbstoffe VIC® und FAM™, welche die jeweils vorliegende

Nukleobase des zu untersuchenden Polymorphismus direkt anhand der Fluoreszenz ablesbar machen. Dies wird ermöglicht durch einen Fluoreszenzfarbstoff-Reporter am 5'-Ende der jeweiligen Sonden und einen nicht fluoreszierenden, deutlich schwächeren Quencher am 3'-Ende. Bei stattgefundenen Hybridisierung der zu untersuchenden Probe an eine der beiden zugegebenen Allelsequenzen kann die zugegebene AmpliTaqGold® DNA Polymerase die Probe spalten. Diese Spaltung trennt den Fluoreszenzfarbstoff-Reporter vom nicht fluoreszierenden Quencher Farbstoff und ein deutlicher Anstieg der Fluoreszenz kann durch den stattfindenden Fluoreszenz-Resonanzenergietransfer (FRET) beobachtet werden. Bei diesem Fluoreszenz-Resonanzenergietransfer wurde die Energie eines angeregten Donor-Fluorophors, hier als Fluoreszenzfarbstoff-Reporter bezeichnet, über Dipol-Dipol-Wechselwirkungen auf einen in ausreichender Nähe befindlichen dark Quencher, den Akzeptor, übertragen. Durch die Abspaltung des jeweiligen Fluoreszenzfarbstoff-Reporters VIC® oder FAM™ konnte eine messbare Zunahme der Donor-Fluoreszenz detektiert werden und somit eine genaue Differenzierung der beiden Nukleobasen des untersuchten Polymorphismus, Cytosin oder Thymin, vorgenommen werden.

### 3. Ergebnisse

Die bestimmte Mutation rs710521[A] zeigte zwischen den begutachteten Harnblasenkarzinompatienten mit beruflicher Exposition und der hinsichtlich der beruflichen Exposition unausgewählten Harnblasenkarzinompatienten der urologischen Klinik weder hinsichtlich der Allelverteilung (vgl. Tabelle 1) noch des Genotyps (vgl. Tabelle 2) einen relevanten Unterschied. Die hinsichtlich der Allelverteilung zu beobachtenden Unterschiede im Vergleich zur Kontrollgruppe, beschrieben durch das Odds Ratio (OR), waren weder für das beruflich exponierte Kollektiv (OR: 1,17) noch für das hinsichtlich der beruflichen Exposition unausgewählte Harnblasenkarzinompatienten-Kollektiv (OR: 1,23) signifikant (OR der Kontrollgruppe: 1,00).

**Tabelle 1:** Prozentuale Allelverteilung bei Gutachtenpatienten mit Harnblasenkrebs, Patienten einer urologischen Klinik und tumorfreien Klinikpatienten

	Gutachtenpatienten (%)	Klinikpatienten (%)	Kontrollen (%)
Referenz Allel [A]	75	76	72
Variantes Allel [G]	25	24	28

**Tabelle 2:** Prozentuale Verteilung der Genotypen bei Gutachtenpatienten mit Harnblasenkrebs, Patienten einer urologischen Klinik und tumorfreien Klinikpatienten

	Gutachtenpatienten (%)	Klinikpatienten (%)	Kontrollen (%)
Homozygot [A]	56	56	51
Homozygot [G]	6	4	8
Heterozygot	38	40	42

#### 4. Diskussion

Der Anteil der Tumorprotein p63 nahen Mutation in den Kollektiven der Harnblasenkarzinompatienten und Kontrollen der urologischen Klinik und der untersuchten Harnblasenkarzinompatienten mit angezeigter BK 1301 entspricht der in der Erstbeschreibung berichteten Verteilung. Somit lässt sich ein höheres Harnblasenkrebsrisiko für das Referenz-Allel [A] ableiten. Das Allel mit der Variante [G] scheint eher als protektiv zu bewerten zu sein. Dieses Risiko stellte sich jedoch nicht signifikant dar. Die Ergebnisse der Studie weisen nicht auf einen unterschiedlich starken Einfluss der beobachteten Mutation auf das Harnblasenkarzinom-Erkrankungsrisiko bei Patienten mit und ohne berufliche Exposition gegen aromatische Amine hin.

Diese Mutation ist somit nicht geeignet eine berufliche von einer außerberuflichen Harnblasenkarzinomerkrankung zu unterscheiden, da dieser Parameter offensichtlich nicht durch die Exposition (mit Arbeitsstoffen, wie z.B. krebserzeugenden aromatischen Aminen) beeinflusst wird. Sie ist eine der genetisch determinierten Ursachen für das natürliche Harnblasenkarzinom-Erkrankungsrisiko.

Da Tabakrauch ebenfalls relevante Mengen an krebserzeugenden aromatischen Aminen enthält, stehen die eigenen Ergebnisse im Einklang mit der Beobachtung von Kiemeney et al. (2008), dass diese Mutation das durch Rauchen bedingte Harnblasenkarzinom-Erkrankungsrisiko nicht beeinflusst.

Umfassende Untersuchungstechniken (Chip-Analysen), die große Bereiche des gesamten Genoms abbilden können und vor der Markteinführung stehen, werden dann weitere Risikodifferenzierungen bezüglich Mutationen und Karzinomerkrankungen ermöglichen.

#### 5. Literatur

1. Kiemeney, L.A., Thorlacius, S., Sulem, P., Geller, F., Aben, K.K., Stacey, S.N., Gudmundsson, J., Jakobsdottir, M., Bergthorsson, J.T., Sigurdsson, A., Blondal, T., Witjes, J.A., Vermeulen, S.H., Hulsbergen-van de Kaa, C.A., Swinkels, D.W., Ploeg, M., Cornel, E.B., Vergunst, H., Thorgeirsson, T.E., Gudbjartsson, D., Gudjonsson, S.A., Thorleifsson, G., Kristinsson, K.T., Mouy, M., Snorraddottir, S., Placidi, D., Campagna, M., Arici, C., Koppova, K., Gurzau, E., Rudnai, P., Kellen, E., Polidoro, S., Guarrera, S., Sacerdote, C., Sanchez, M., Saez, B., Valdivia, G., Ryk, C., de Verdier, P., Lindblom, A., Golka, K., Bishop, D.T., Knowles, M.A., Nikulasson, S., Petursdottir, V., Jonsson, E., Geirsson, G., Kristjansson, B., Mayordomo, J.I., Steineck, G., Porru, S., Buntinx, F., Zeegers, M.P., Fletcher, T., Kumar, R., Matullo, G., Vineis, P., Kiltie, A.E., Gulcher, J.R., Thorsteinsdottir, U., Kong, A., Rafnar, T. & Stefansson, K. 2008, Sequence variant on 8q24 confers susceptibility to urinary bladder cancer, *Nature Genetics*, 40, 1307-1312.

## Energieumsatzmessung in tiefer Kälte – Ein Optimierungsansatz zur Anwendung der Integralmethode

Mario PENZKOFER, Christof KOLLMANN und Karsten KLUTH

*Fachgebiet Arbeitswissenschaft/Ergonomie, Universität Siegen,  
Paul-Bonatz-Str. 9-11, D-57068 Siegen*

**Kurzfassung:** Die Bestimmung des Energieumsatzes mittels der Integralmethode ist trotz der modernen Messtechnik des Ergospirometriesystems MetaMax 3B bei Umgebungstemperaturen in Handel und Industrie von ca.  $-24^{\circ}\text{C}$  aufgrund von Eisbildung an und in relevanten Bauteilen bislang unmöglich. Um längere, kontinuierliche Messungen zu gewährleisten, galt es die funktionseinschränkende Eisbildung zu unterbinden. Dazu wurde ein Heizelement entwickelt, das die kritischen Bauteile „Ansaugdüse“ und „Absaugstrecke“ erwärmen sollte. Trotz dieser technischen Anpassung konnte aber das angestrebte Ziel, eine Messzeit von mindestens 30 min, nicht erreicht werden. Das Heizelement sorgte zwar für Eisfreiheit, allerdings verhinderte nun eine vermehrte Bildung von Kondenswasser innerhalb des fluidführenden Schlauchsystems eine ausreichend lange Betriebszeit.

**Schlüsselwörter:** Ergospirometrie, Kältearbeit, Arbeitsphysiologie.

### 1. Einleitung

Die Arbeit in Warenverteilzentren für Kühl- und Tiefkühlkost erfordert, dass das Personal über längere Zeit in Lagerbereichen mit niedrigen Temperaturen bis zu

$-24^{\circ}\text{C}$  zu arbeiten hat. Die bei diesen Umgebungsbedingungen erforderliche Arbeitstätigkeit, das Kommissionieren von Kühlware (bei ca.  $+3^{\circ}\text{C}$ ) und Tiefkühlware (bei ca.  $-24^{\circ}\text{C}$ ), ist trotz aller Automatisierungserfolge im Bereich der Logistik aufgrund der Kälte weitgehend „Handarbeit“ geblieben. Durchschnittliche Kommissionierleistungen von 1,6 t/h mit ca. 230 Umsetzungsvorgängen und Einzelgewichten der Ware von bis zu 15 kg stellen dabei – in Verbindung mit der Arbeitsumgebung und dem zusätzlichen Tragen von bis zu 5 kg schwerer Kälteschutzkleidung – erhebliche körperliche Anforderungen an den Menschen. Um deren Quantifizierung vornehmen zu können, wurden in schichtbegleitenden Ganztagsanalysen an 30 Arbeitspersonen u.a. der Energieumsatz gemessen.

Zur Messung des Energieumsatzes – als körperliche Belastungsgröße – wurde das mobile, PC-unabhängige Ergospirometrie-System MetaMax 3B der Firma Cortex eingesetzt. Es basiert auf Breath-by-Breath/Intra-Breath-Messtechnik und bestimmt über die Gasanalyseeinheit (vgl. Abbildung 1, links) und den integrierten Volumensensor (vgl. Abbildung 1, Mitte) den Sauerstoff- und Kohlendioxidgehalt der Ein- und Ausatemluft zur Berechnung verschiedenster spirometrischer Parameter. Weiterhin misst es alle physikalischen Atmungsparameter, die Umgebungstemperatur und den Luftdruck. Durch ein spezielles Trockenschlauchsystem (vgl. Abbildung 1, rechts) ist es prinzipiell möglich Energieumsatzmessungen in einer kalten Arbeitsumgebung durchzuführen, wie sie z.B. in Warenverteilzentren für Kühl- und Tiefkühlkost vorherrschen. Der derzeitige Stand der Technik beschränkt die Dauer dieser Messun-



gen im Tiefkühlbereich leider noch auf wenige Minuten.



**Abbildung 1:** Mobiles Ergospirometer MetaMax 3B (links), Atemmaske mit Volumensensor (Mitte) und Trockenschlaucheinheit mit Absaugstrecke (rechts)

## 2. Problematik

Manuelle Kommissioniertätigkeit in Kälte stellt eine Beanspruchung an bzw. etwas über der Dauerleistungsgrenze dar, was die Ergebnisse parallel durchgeführter, kontinuierlicher Herzschlagfrequenzmessungen zeigen (siehe Penzkofer 2008). Daher sollte zur Messung des Energieumsatzes idealerweise die Integralmethode angewendet werden, bei der die spirometrischen Parameter über den gesamten Arbeitsvorgang und eine anschließende Erholungsphase gemessen werden müssen (Müller & Heising 1949; Kaminsky 1953).

Während das Messen bei einer Umgebungstemperatur von  $+3^{\circ}\text{C}$  in einem Zeitfenster von 15 bis 20 min kein Problem darstellt, ist die Anwendung der Integralmethode im Tiefkühlbereich bei  $-24^{\circ}\text{C}$  derzeit unmöglich. Die tiefen Temperaturen führen in Verbindung mit der feuchten Ausatemluft aufgrund von Eisbildung innerhalb der fluidführenden Leitungen nach spätestens 15 min zu einem Ausfall des Systems. Somit kann derzeit zur Bestimmung des Energieumsatzes nur die Partialmethode angewendet werden. Diese Art der Messung, bei der die spirometrischen Parameter nur über einen Teil des gesamten Arbeitsvorganges gemessen werden müssen, ist normalerweise nur zulässig, wenn die Schwere der Tätigkeit die Dauerleistungsgrenze des Menschen nicht übersteigt. Da die Messungen aber im Grenzbereich der Dauerleistungsgrenze liegen, ist der zu erwartende Messfehler für die Beurteilung des Energieumsatzes noch akzeptabel.

Dennoch ist für zukünftige Messungen im Tiefkühlbereich eine ununterbrochene Messzeit von mindestens 30 min anzustreben. Nur so können ausreichend lange Kommissioniertätigkeiten mit arbeitsbedingten Unterbrechungen aufgezeichnet und zur Berechnung des Energieumsatzes herangezogen werden. Für die gewünschte Messzeitverlängerung war allerdings zunächst bei der Analyse der Ist-Situation die Frage zu klären, welche Bauteile für den Funktionsausfall überhaupt verantwortlich sind.

## 3. Analyse der Ist-Situation

Zur Gewährleistung der Funktion des Ergospirometers MetaMax 3B ist es von wesentlicher Bedeutung, dass die im Gerät geführten Fluide ungehindert fließen können. Das betrifft zum einen die Ein- und Ausatemströme, die sich in ihrer jeweiligen Strömungsrichtung unbeeinflusst durch das Gehäuse und durch die Turbine des Vo-



lumentsensors bewegen müssen. Zum anderen muss der Analysegasstrom störungsfrei durch die Ansaugdüse eintreten und über die Absaugstrecke zu den Sensoren der Gasanalyseeinheit gelangen können. Ein essentieller Teil dieser Bedingungen ist bei der Arbeit im Tiefkühlhaus nicht gegeben, denn der negative Kälteeinfluss wirkt sich auf die der Umgebung direkt ausgesetzten Komponenten des Ergospirometrie-systems aus, eher unproblematisch am Volumensensor, aber negativ in der Absaugstrecke. Im Gehäuse des Volumensensors schlägt sich Kondensat der feuchten Atemluft nieder, das zunächst nicht gefriert. Mit andauernder Testphase bilden sich aus dem Kondensat stetig wachsende Wassertropfen, die in feinen Rinnsalen zum tiefsten Punkt des Gehäuses hin abfließen. Aufgrund der Geometrie des Volumensensors und der Art, mit der dieser an der Maske befestigt wird, liegt dieser Punkt auf dem unteren Rand der Eingangsöffnung des Sensorgehäuses. Das hat zur Folge, dass das Wasser aus dem Gehäuse austritt, gefriert und je nach Aufenthaltsdauer im Tiefkühlhaus einen stetig wachsenden, optisch beeindruckenden aber unproblematischen Eiszapfen bildet (vgl. Abbildung 2, links).

Das grundsätzliche, für den Ausfall des Systems verantwortliche Problem liegt vielmehr darin, dass sich die Eingangsöffnung der zur Absaugstrecke gehörenden Ansaugdüse mit Eiskristallen zusetzt (vgl. Abbildung 2, Mitte), die sich im anschließenden Schlauchsystem weiter fortpflanzen (vgl. Abbildung 2, rechts). Dadurch wird der bestimmungsgemäße Fluss des Analysegasstromes zur Gasanalyseeinheit unterbunden und eine spirometrische Datenermittlung unmöglich.



**Abbildung 2:** Erkennbare Eisbildung am Gehäuse des Volumensensors (links), an der Spitze der Ansaugdüse (Mitte) und am weiterführenden Schlauchsystem (rechts)

#### 4. Optimierungsmöglichkeit

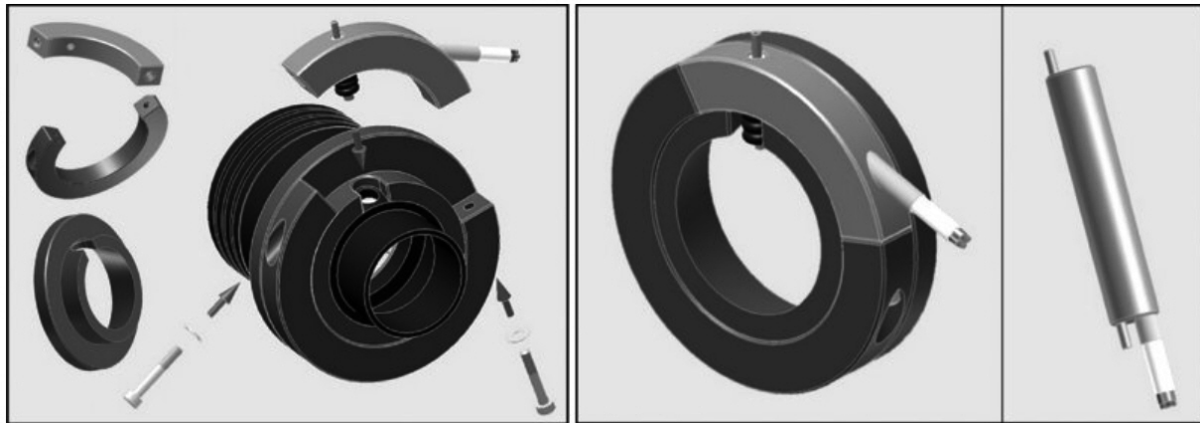
Um die Eisbildung innerhalb der Eingangsöffnung der Ansaugdüse zu unterbinden und damit die dauerhafte Betriebsbereitschaft des Ergospirometrie-systems beim Einsatz in einer sehr kalten Umgebung zu gewährleisten, wurden zunächst mehrere Lösungsansätze verfolgt, die sich aber in der weiteren Konzeptionsphase aufgrund schwerwiegender Nachteile, wie z.B. unsicherer Befestigungsmöglichkeit der Absaugstrecke oder aber zu aufwendiger Regelungstechnik, als wenig geeignet erwiesen.

Letztlich wurde ein Prototyp entwickelt, der mittels des Verfahrens der elektrischen Wärmeerzeugung die Eisbildung an der Ansaugdüse und dem freiliegenden Teil der Absaugstrecke verhindern sollte. Er besteht aus einem ringförmigen, zylindrischen Kunststoffkörper, dessen innere Form das Negativ zum mittleren Konus des Volumensensorgehäuses repräsentiert, einem Gegenhalter in Form eines Ringsegmentes und dem eigentlichen Heizelement. Das aus Messing gefertigte Heizelement, das auch die neue Ansaugdüse trägt, besitzt ebenfalls die Gestalt eines Kreisringseg-

menten und ist so dimensioniert, dass es in Kombination mit dem Gegenhalter einen geschlossenen Kreisring bildet (vgl. Abbildung 3, links).

Die notwendige Wärme wird von einer Kleinspannungsheizpatrone bereitgestellt, die in der an das Gehäuse des Volumensensors angepassten Aufnahmeeinheit untergebracht ist. Als Energiequelle wurde ein Akku mit einer Nominalspannung von 3,7 V gewählt, der im Tiefkühlbereich bei  $-24^{\circ}\text{C}$  die Düse immer noch auf eine Temperatur von  $25^{\circ}\text{C}$  erhitzen konnte und somit Eisfreiheit gewährleistete.

Bei einem ersten Test kam es, trotz Eisfreiheit an der Ansaugdüse zu einem abrupten Systemausfall nach ca. 20 min, da sich die Eisbildung nun innerhalb der Ansaugstrecke verlagerte. Deshalb wurde in einem nächsten Schritt ein zweites Heizsystem zwischengeschaltet, das nun die Absaugstrecke mit erwärmen sollte. Als Wärmeemitter diente erneut eine in einem Messingzylinder untergebrachte Heizpatrone. Obwohl bei dem Einsatz des „Dualen Heizsystems“ (vgl. Abbildung 3, rechts) an keiner Stelle der Absaugstrecke Eisbildung beobachtet werden konnte, war auch nach dieser Maßnahme ein Systemausfall nicht zu verhindern.



**Abbildung 3:** Bauteile (Hezelement, Gegenhalter und Aufnahme) des Heizsystems und ihre Montage (links) sowie das „Duale Heizsystem“ (rechts)

Die neuerliche Unterbrechung der Ansaugstrecke ist noch nicht abschließend geklärt. Wahrscheinlich ist sie auf ein durch den Einsatz des Heizsystems vermehrtes Auftreten von Kondenswasser zurückzuführen. Dieses kann sich am tiefst gelegenen Punkt der Absaugstrecke sammeln, die Gasführung unterbrechen und so den bestimmungsmäßigen Betrieb des MetaMax 3B unmöglich machen.

Für zukünftige Messungen ist daher die Zwischenschaltung eines Kondensatbehältnisses angedacht, um die durchströmende Luft zu trocknen. Zur Sicherstellung der Messgenauigkeit sind bei diesem Eingriff in die Strömungsführung zunächst Vergleichsversuche im Labor bei einer vorgegebenen Belastung mit und ohne Trocknungseinheit durchzuführen.

## 5. Literatur

1. Kaminsky, G. 1953, Erfahrungen bei der Durchführung arbeitsphysiologischer Untersuchungen in der Forstwirtschaft. In: European Journal of Forest Research. Berlin: Springer.
2. Müller, E.A. & Heising, A. 1949, Die Bestimmung des Energieverbrauches der beruflichen Arbeit im Resprationsversuch. Methoden des Max-Planck-Instituts für Arbeitsphysiologie, Dortmund.
3. Penzkofer, M., Kluth, K. & Strasser, H. in press, Heart Rate and Work Pulses of Two Age Groups Associated with Working in the Cold at  $+3^{\circ}\text{C}$  and  $-24^{\circ}\text{C}$ , Occupational Ergonomics 8.

# Auswirkungen regelmäßiger physischer Aktivität auf die geistige Leistungsfähigkeit

Annika RIEGER<sup>1</sup>, Matthias WEIPPERT<sup>1</sup>, Steffi KREUZFELD<sup>1</sup>,  
Dagmar ARNDT<sup>2</sup> und Regina STOLL<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Institut für Präventivmedizin, Universität Rostock,  
St.-Georg-Straße 108, D-18057 Rostock*

<sup>2</sup> *celisca, Center for Life Science Automation,  
Friedrich-Barnewitz-Weg 8, D-18119 Warnemünde*

**Kurzfassung:** Unser Alltag ist von veränderten Arbeits- und Lebensbedingungen geprägt. Die Gründe dafür sind gestiegene berufliche Herausforderungen, eine größere Anforderungsvielfalt, Arbeitszeitverlängerungen, zunehmende Flexibilität von Ort und Zeit sowie gesteigerter Stress. All diese Faktoren erfordern ein großes Maß an Anpassungsfähigkeit und effizientere exekutive Kontrollfunktionen. Die Bedeutung von körperlicher Aktivität als eine kostengünstige Präventivmaßnahme in Bezug auf kardiovaskuläre Erkrankungen wie Bluthochdruck, metabolische Fehlfunktionen wie Diabetes Mellitus II aber auch psychische Erkrankungen ist anerkannt und gut untersucht. Bewegung senkt die Erkrankungshäufigkeit, erhöht die physische Leistungsfähigkeit und dient als Ausgleich zum Alltag. Darüber hinaus belegen zahlreiche Studien den positiven Effekt von körperlichem Training auf die Durchblutung des Gehirns, die hippocampale Neurogenese sowie die Freisetzung von neurotrophen Wachstumsfaktoren bei alten oder kranken Probanden. In der vorliegenden Studie wurde der Einfluss eines regelmäßigen, individualisierten Ausdauertrainings auf exekutive Funktionen bei jungen, gesunden Probanden untersucht. Die Studienlage ist bezüglich dieses Altersbereichs noch unzureichend. Zur Erfassung der kognitiven Leistungen dienten standardisierte psychometrische Testverfahren des Wiener Testsystems.

**Schlüsselwörter:** exekutive Funktionen, geistige Leistungsfähigkeit, Ausdauertraining, Strooptest.

## 1. Einleitung

Das moderne Berufsleben ist durch einen deutlichen Anstieg psychomentaler und psychosozialer Belastungen gekennzeichnet. Infolge der ständigen Weiterentwicklung der Technik sind körperliche Inaktivität und sitzender Lebensstil in Beruf und Freizeit in den westlichen Industrieländern weit verbreitet und eine wesentliche Ursache für die weltweit steigende Prävalenz kardiovaskulärer Krankheiten sowie geistiger Leistungseinbußen (Lengfelder 2001; Kopf 2009).

Im Gegenzug dazu belegen zahlreiche Studien den positiven Effekt von körperlichem Training nicht nur auf die physische Gesundheit und Leistungsfähigkeit, sondern auch auf kognitive Funktionen bei älteren oder kranken Personen. Demnach soll regelmäßige, moderate Aktivität langfristig vor Demenz schützen und altersbedingten Gehirnveränderungen vorbeugen (Kramer 2007; Hollmann 2003).

Das Ziel unserer Studie war, zu überprüfen, ob auch junge, gesunde Probanden

von einem regelmäßigen, individualisierten Ausdauertraining profitieren können, wobei ausgewählte Bereiche der geistigen Leistungsfähigkeit untersucht werden sollten.

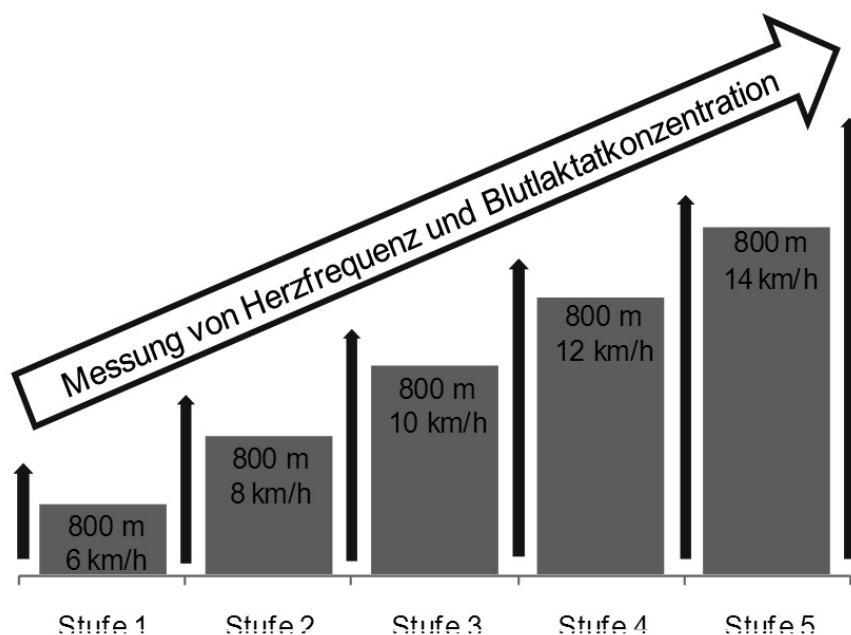
## 2. Methode

An der freiwilligen Interventionsstudie (vgl. Tabelle 1) beteiligten sich 13 junge, gesunde StudentInnen der Universität Rostock ( $24,8 \pm 1,59$  Jahre).

**Tabelle 1:** Gestaltung der Intervention

<b>Zeitraum: 8 Wochen</b> <b>Häufigkeit: 3 Trainingseinheiten (TE) pro Woche</b>	
<b>Intensität:</b> Grundlagenausdauer I: 75-85% der Herzfrequenz an der anaeroben Schwelle  <b>Umfang:</b> 2 TE à 40-60 min	<b>Intensität:</b> Grundlagenausdauer II: 85-100% der Herzfrequenz an der anaeroben Schwelle  <b>Umfang:</b> 1 TE à 40 min

Vor Beginn der Sportintervention wurde ein Feldstufentest zur Ermittlung der aeroben Ausdauerleistungsfähigkeit durchgeführt (Kriterium: anaerobe Schwelle). Dazu absolvierten die TeilnehmerInnen 800m-Läufe auf einer 400m-Bahn mit progressiver Geschwindigkeitssteigerung. Nach jeder Stufe wurden die Herzschlagfrequenz sowie die Blutlaktatwerte bestimmt. Als Geräte dienten ein Pulsfrequenzmesser der Firma Polar (S810i) sowie der LactateScout, der eine einfache und zuverlässige amperometrische Messung von Laktat in frischem Kapillarblut ermöglicht.



**Abbildung 1:** Methodisches Vorgehen beim Feldstufentest

Die Auswertung der Datensätze aus dem Feldstufentest erfolgte mit der PC-

Software para analysis20 der Firma h-p-cosmos.

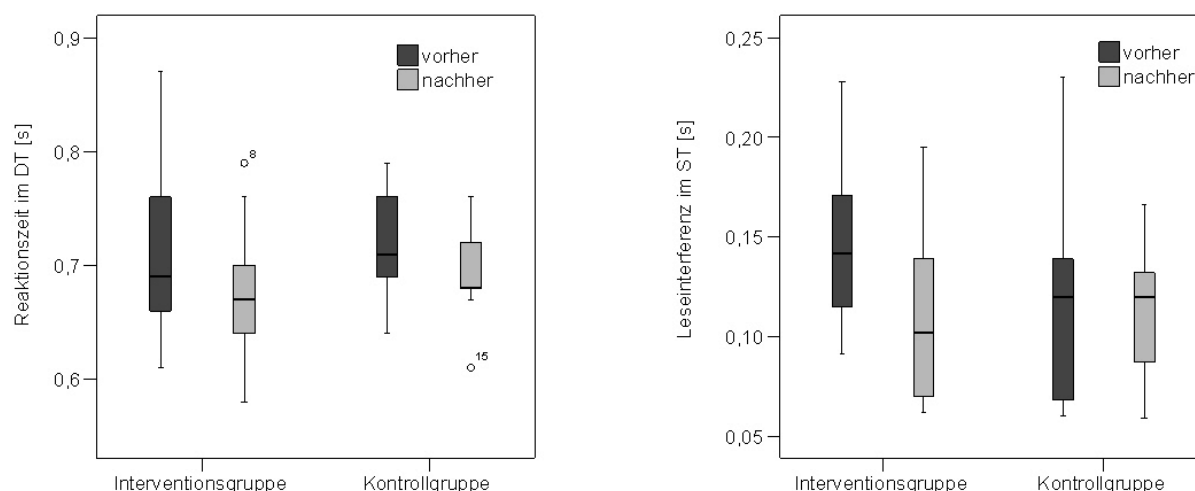
Vor und nach der Intervention wurden zwei psychometrische Tests unter standardisierten Bedingungen am Wiener Testsystem (Fa. Schuhfried) durchgeführt. Der Determinationstest (DT) gibt als komplexer Mehrfachreiz-Reaktionstest das Tempo der neuronalen Informationsverarbeitung wieder. Beim Diskriminieren von Farben und Tönen werden die Geschwindigkeit, mit der auf die Reize reagiert wird, und die Anzahl der dargebotenen Reize erfasst. Genutzt wurde die Rostocker Testform S3. Als zweites Testverfahren diente der Strooptest (ST), speziell der S7 im Modus Aktion, bei dem zunächst die Baseline und anschließend die Interferenzbedingung erhoben werden. Bei diesem Farb-Wort-Interferenztest wird die Fähigkeit zur Inhibition überlernter und damit automatisierter Antworten bei einfachen Aufgaben als zentrales Indiz für Aufmerksamkeitsleistungen gemessen.

Die Kontrollgruppe, bestehend aus 9 Studenten gleichen Alters ( $23,3 \pm 0,71$  Jahre), absolvierte den gleichen Testablauf, jedoch ohne Sportintervention.

### 3. Ergebnisse

Nach einem 8-wöchigen, intensiven Lauftraining konnten in der Studiengruppe deutliche Verbesserungen im Bereich der untersuchten Teilkomponenten der geistigen Leistungsfähigkeit konstatiert werden.

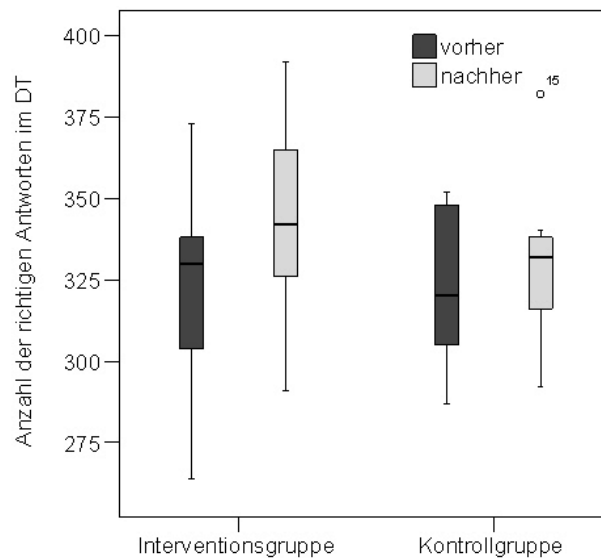
Die Reaktionszeiten der Teilnehmer zeigten sowohl im DT ( $p=0,03$ ) als auch im ST, speziell in der Leseinterferenz ( $p=0,009$ ), signifikante Verbesserungen (vgl. Abbildung 2).



**Abbildung 2:** Reaktionszeiten der Teilnehmer im DT und im ST vor und nach der Intervention

Die Leseinterferenz ergibt sich aus der Differenz der benötigten Zeit für das Lesen der Baseline, d.h. wenn Farbe und Bedeutung eines Farbwortes übereinstimmen, und der benötigten Zeit für das Lesen der Interferenzbedingung, d.h. wenn Bedeutung und Farbe des Farbwortes voneinander abweichen.

Darüber hinaus zeigten sich in der Interventionsgruppe deutliche Anstiege der Anzahl richtiger Reaktionen im Determinationstest ( $p=0,003$ ). Diese stiegen im Mittel von 323 auf 348 Antworten. In der Kontrollgruppe ließen sich diese Ergebnisse dahingegen nicht bestätigen. Etwaige Übungseffekte, bedingt durch eine Testwiederholung, können somit ausgeschlossen werden (vgl. Abbildung 3).



**Abbildung 3:** Anzahl der richtigen Antworten im DT vor und nach der Intervention

#### 4. Diskussion

Während bislang vor allem der Einfluss von Ausdauertraining auf die geistige Leistungsfähigkeit alter oder kranker Menschen untersucht wurde, konnte in unserer Pilotstudie gezeigt werden, dass auch junge, gesunde Studierende ihre exekutiven Funktionen durch ein regelmäßiges Lauftraining verbessern können.

Die im Vorfeld mittels Wiener Testsystem erhobenen Daten der TeilnehmerInnen lagen durchgängig im Normbereich. Dennoch bewirkte bereits ein 8-wöchiges Ausdauertraining zusätzliche Verbesserungen im Bereich der Aufmerksamkeitsleistungen.

Es zeigt sich, dass regelmäßige körperliche Aktivität bei moderater Intensität eine einfache, nicht-invasive Methode darstellt, um die Gehirnplastizität zu fördern und eine Sicherung der Gehirnleistung zu gewährleisten. Folglich können auch junge Menschen einen wichtigen Beitrag zur Erhaltung ihrer Gesundheit, nicht nur auf der physischen, sondern ebenfalls auf der geistigen Ebene leisten.

#### 5. Literatur

1. Hollmann, W. 2002, Bedeutung der körperlichen Aktivität für kardiale und zerebrale Funktionen, Deutsches Ärzteblatt, 20, 1379-1381.
2. Hollmann, W. 2003, Gehirngesundheit, -leistungsfähigkeit und körperliche Aktivität, Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin, 9, 265-266.
3. Kopf, D. 2009, Effects of Diabetes mellitus, obesity and sedentary lifestyle in Alzheimer's dementia - Interaction of insulin and amyloid and phosphorylated tau-protein, Klinikarzt, 5, 228-233.
4. Kramer, A.F. & Erickson, K.I. 2007, Capitalizing on cortical plasticity: influence of physical activity on cognition and brain function, Trends in Cognitive Sciences, 8, 342-348.
5. Lengfelder, W. 2001, Physical inactivity: A modifiable risk factor in primary Prevention?, Medizinische Klinik, 11, 661-669.



# Anmerkungen zur Interpretation vermeintlich eindeutiger Zahlen am Beispiel der Schutzwirkung von OP-Handschuhen

Andreas WITTMANN<sup>1</sup>, Tristan HEHNEN<sup>1</sup>, Herbert VETTER<sup>2</sup>, Nenad KRALJ<sup>1</sup> und Friedrich HOFMANN<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Universität Wuppertal, Sicherheitstechnik – Arbeitsphysiologie, Arbeitsmedizin und Infektionsschutz, Gaußstraße 20, D-42119 Wuppertal*

<sup>2</sup> *HELIOS Klinikum Wuppertal Herzzentrum – Klinik für Herz- und Thoraxchirurgie, Arrenberger Straße 20, D-42117 Wuppertal*

**Kurzfassung:** Zur Verbesserung des Infektionsschutzes bei chirurgisch tätigem Medizinpersonal wird seit einigen Jahren die Verwendung doppelt getragener Handschuhe mit Indikatorsystem empfohlen. Die Empfehlung wurde in einer Studie in der Herz- und Thoraxchirurgie überprüft. Bei der Auswertung der Daten ergaben sich Schwierigkeiten in der Bewertung der Ergebnisse durch die Vielzahl möglicher Bezugsgrößen. Nicht alle möglichen Schlüsse waren zulässig und nicht alle zulässigen Schlüsse sinnvoll bzw. zielführend. Letztlich bestätigte das Doppelhandschuh-Indikatorsystem seine deutlich bessere Schutzwirkung gegenüber einfach getragenen OP-Handschuhen.

**Schlüsselwörter:** Nadelstichverletzungen, Infektionsschutz, Doppelhandschuh-Indikatorsystem, paradoxe Ergebnisse.

## 1. Einleitung

Zur Verbesserung des Infektionsschutzes bei chirurgisch tätigem Medizinpersonal wird seit einigen Jahren die Verwendung doppelt getragener Handschuhe mit Indikatorsystem empfohlen. Einerseits würden diese die Wahrscheinlichkeit eines Blutkontaktes erheblich reduzieren, andererseits führt – nach eigenen Untersuchungen – die Verwendung doppelter Latexschichten zu einer Verringerung des übertragenen Blutvolumens (Wittmann et al. 2009).

Bei der Auswertung der Ergebnisse einer großen komplexen Studie, bei der die Perforationen bei herzchirurgischen Eingriffen bei Anwendung konventioneller Behandlungssysteme mit den Perforationen beim Einsatz von Indikator-Doppelhandschuhen verglichen werden sollten, zeigte sich, dass beim Vergleich einzelner Kenngrößen nicht alle möglichen Schlüsse zulässig waren und auch nicht alle zulässigen Schlüsse sinnvoll bzw. zielführend sind.

## 2. Methode

In der Studie wurden 1361 Handschuhe, die bei 60 Operationen getragen wurden, getrennt nach Operationsart und Funktion des Trägers am OP Tisch eingesammelt und elektronisch und mittels der Wasserhaltemethode auf Perforationen untersucht. Sowohl einfach getragene (Manex ultra micro) als auch doppelt getragene Hand-

schuhe mit Indikatorsystem (Biogel® Eclipse™ Indicator™) wurden dabei vom OP-Personal verwendet. In einem großen Datensatz konnten nun für jeden Operationstyp (Bypass-, Herzschrittmacher-, Herzklappen- und kombinierte OPen) und nach Funktionen getrennt (Operateur, 1. Assistent, 2. Assistent, instrumentierendes Pflegepersonal) die Anzahl der verwendeten Handschuhe, die Anzahl der Perforationen bzw. die Anzahl der perforierten Handschuhe bestimmt werden. Die Daten der Operationen mit einfach getragenen Handschuhen und dem Doppelhandschuh-Indikatorsystem wurden verglichen.

Bei der Analyse der Daten zeigte sich, dass für die Vergleiche der Güte des Schutzes durch die unterschiedlichen Handschuhsysteme teilweise Ergebnisse auftraten, die scheinbar im Widerspruch zum Gesamtergebnis (verbesserter Schutz des Personals bei Verwendung des Doppelhandschuh-Indikatorsystems) standen. Die Ursachen für einen Teil der scheinbar paradoxen Ergebnisse wurden analysiert.

### 3. Ergebnisse (Auswahl)

Es wurden 244 beschädigte Handschuhe gefunden, die insgesamt 325 Perforationen aufwiesen. Bei 38 Bypassoperationen (9 mit einfach getragenen Handschuhen, 29 mit doppelt getragenen Handschuhen) wurden beim Operateur 4 defekte Handschuhe im Einfachsystem (10,5%) und 24 defekte Außenhandschuhe im Doppelhandschuhsystem (17,1%) gefunden. Vier von 48 Innenhandschuhen des Chirurgen wiesen eine oder mehrere Perforationen auf (8,3%). Insgesamt (alle beteiligten Personen) wurden im Einfachsystem 17 perforierte Handschuhe bei 9 Operationen (1,89 defekte Handschuhe pro Operation) und beim Außenhandschuh des Doppelhandschuh-Indikatorsystems 86 defekte Handschuhe bei 29 Operationen (2,97 defekte Handschuhe pro Operation) gefunden. 11 Innenhandschuhe wurden bei diesen 29 Operationen beschädigt (vgl. Tabelle 1).

**Tabelle 1:** Perforierte Handschuhe bei Bypassoperationen, nach Tätigkeit (\*Manex® ultra micro; \*\* Biogel® Eclipse™ Indicator™)

Anzahl Operationen	System	Gesamt		Operateur		1. Ass.		2. Ass.		OP-Schwester	
		Anzahl Handschuhe	Perforierte Handschuhe Anzahl / Quote	Anzahl Handschuhe	Perforierte Handschuhe Anzahl / Quote	Anzahl Handschuhe	Perforierte Handschuhe Anzahl / Quote	Anzahl Handschuhe	Perforierte Handschuhe Anzahl / Quote	Anzahl Handschuhe	Perforierte Handschuhe Anzahl / Quote
9	Einfachhandschuh*	86	17	38	4	26	6	8	0	14	7
			19,7%		10,5%		23,1%		0%		50,0%
29	Außenhandschuh**	464	86	140	24	146	22	49	9	131	31
			18,5%		17,1%		15,1%		18,4%		23,7%
	Innenhandschuh**	158	11	48	4	42	2	26	0	42	5
			6,9%		8,3%		4,8%		0,0%		11,9%

### 4. Diskussion

Als problematisch erweist sich die richtige Interpretation der oben aufgeführten

Daten, denen jeweils unterschiedliche Bezugsgrößen (Anzahl der Operationen, Anzahl der verwendeten Handschuhe, Anzahl vergleichbarer Handschuhe, Anzahl defekter Handschuhe etc.) gegenübergestellt werden konnten. Die Daten sind also sehr komplex.

So ergibt eine oberflächliche Bewertung schnell, dass die Perforationsquote der Handschuhe pro Operation beim Doppelhandschuh-Indikatorsystem deutlich höher liegt als beim Einfachsystem (2,97 defekte Handschuhe pro Operation zu 1,89 defekte Handschuhe pro Operation), also offenbar das Risiko für eine Perforation des Außenhandschuhs beim Doppelhandschuh deutlich erhöht ist. Übersehen wird hierbei, dass beim Indikatorsystem defekte Außenhandschuhe meist sofort erkannt und gewechselt wurden (vgl. Abbildung 1). Bei Einsatz dieses Systems steigt die Anzahl der verbrauchten und auch die Anzahl der defekten Handschuhe gewollt!

Beim Einfachsystem wiesen von den 17 defekten Handschuhen etliche mehrere Perforationen auf.



**Abbildung 1:** Doppelhandschuh-Indikatorsysteme (hier: Biogel® Eclipse™ Indicator™ von Mölnlycke) machen Perforationen erkennbar; defekte Handschuhe können sofort gewechselt werden

Diese Schwierigkeit trat bei der gesamten Auswertung der Daten immer wieder auf, problematisch war hier auch, dass die unterschiedlichsten Kenngrößen aus den erhobenen Daten gebildet werden konnten und dass diese Kenngrößen für einzelne Betrachtungen/Fragestellungen durchaus sinnvoll sind. So konnten den ermittelten Daten (z.B. Anzahl der Perforationen, Anzahl der perforierten Handschuhe) jeweils unterschiedliche Bezugsgrößen (Anzahl der Operationen, Anzahl der verwendeten Handschuhe, Anzahl vergleichbarer Handschuhe etc.) gegenübergestellt werden.

Dies führt letztlich jedoch dazu, dass auch einander vermeintlich widersprechende Aussagen wie

- "Bei kombinierten Bypass- und Herzklappenoperationen kommt es bei einfach getragenen Handschuhen im Schnitt bei jedem Beteiligten zu mehr als einem Blutkontakt" und
- "Nur bei weniger als 30% der überprüften, bei kombinierten Bypass- und Herzklappenoperationen einfach getragenen Handschuhe konnten Perforationen und damit vermeintliche Blutkontakte nachgewiesen werden"

mit denselben Daten belegt werden können.

In komplexen Systemen sind derartige Schwierigkeiten bei der Interpretation von Messergebnissen offenbar systemimmanent.

Um belastbare Aussagen zur Schutzwirkung der unterschiedlichen Handschuhsysteme zu erhalten, wurde daher die Möglichkeit eines Blutkontaktes als unerwünschtes Ereignis definiert. Beim Einfachsystem ist dieser bei jeder Perforation möglich, beim Doppelhandschuhsystem nur bei gleichzeitiger Perforation von Außenhandschuh und Innenhandschuh. Als einzig relevantes Kriterium für die Güte des Schutzes durch die Handschuhe wurde daher die „Perforation des hautnächsten Handschuhs“ pro Operation herangezogen. Hier verbessert sich durch den Einsatz des Doppelhandschuh-Indikatorsystems die Perforationsquote von 19,7 defekte hautnächste Handschuhe pro Operation auf 6,9 defekte hautnächste Handschuhe pro Operation. Das Doppelhandschuh-Indikatorsystem verbessert also den Infektionsschutz entscheidend, da mit deutlich weniger Blutkontakten pro Operativem Eingriff gerechnet werden muss.

## 5. Literatur

1. Wittmann A, Kralj N, Köver J, Gasthaus K, Hofmann F. 2009, Study of blood contact in simulated surgical needlestick injuries with single or double latex gloving, *Infection Control and Hospital Epidemiology*, 30, 53-56.

## Workshops





## Gute Arbeit durch Beteiligung nach §§ 90/91 BetrVG?

Gerd PETER<sup>1</sup>, Uwe DECHMANN<sup>1</sup>, Arno GEORG<sup>1</sup>, Christina MEYN<sup>1</sup>,  
Klaus PICKSHAUS<sup>2</sup> und Dieter SAUER<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Sozialforschungsstelle TU Dortmund, Evinger Platz 17, D-44339 Dortmund,

<sup>2</sup> IG Metall, Wilhelm Leuschner Str.79, D-60329 Frankfurt/M.

<sup>3</sup> Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung, Jakob-Klar-Str.9, D-80796 München

**Kurzfassung:** Die arbeitspolitische Konzeption, "gute Arbeit" auf dem Wege eines Prozesses kontinuierlicher "Humanisierung des Arbeitslebens" (HdA) zu erreichen, ist verbunden mit der Anwendung gesicherter arbeitswissenschaftlicher Erkenntnisse. Diese sind seit dem Betriebsverfassungsgesetz von 1972 als Informations- und Mitbestimmungsrecht in den damals weit diskutierten §§ 90/91 BetrVG noch heute festgeschrieben. Der Prozess sollte seinerzeit durch Förderung von Forschung und Modellprojekten über ein staatliches "Humanisierungsprogramm" unterstützt werden. Nach anfänglicher Dynamik und breiter gesellschaftlicher Debatte sind die Anstrengungen erlahmt und schließlich abgebrochen worden. Was waren die Gründe hierfür, vor allem: Welche Rolle spielten die Arbeitswissenschaft dabei? Gibt es eine Chance, die immer noch gültigen Regelungsvorschriften unter heutigen Verhältnissen zu reaktivieren? Welches wären die neuen Anforderungen an die Arbeitswissenschaften, an die Tarifvertragsparteien, an die Politik? Diese Fragen sollen im Rahmen des Workshops vertieft dargestellt und auf einem kleinen Podium und im Plenum diskutiert werden.

**Schlüsselwörter:** Gute Arbeit, arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse, menschengerechte Arbeitsgestaltung Erkenntnisse, menschengerechte Arbeitsgestaltung.

### 1. Die arbeits- und sozialpolitische Reformkonstellation Anfang der siebziger Jahre

Die grundlegenden Linien der Arbeitsforschung sind historisch bestimmt von der des Taylorismus, der wissenschaftlichen Arbeitsgestaltung nach dem „one best way“, sowie der Human Relations Bewegung, der Suche nach dem informellen „human factor“. In Europa kommt die sozialstaatliche Flankierung im Rahmen der Arbeitsmarkt- und Sozialpolitik hinzu, in Deutschland noch die Wirtschaftsdemokratie in Form vor allem der Montanmitbestimmung und der darauf bezogenen Forschung.

Konzepte, die die unterschiedlichen Herangehensweisen integrierten, sind zunächst im Bereich der Montanmitbestimmung sowie auf dem Feld der Tarifpolitik, der Bewertung und Gestaltung von Arbeitssystemen Ende der sechziger, Anfang der siebziger Jahre des vorigen Jahrhunderts im Bereich der Produktionsarbeit entwickelt worden. Die Konzepte waren auf die Zusammenführung und Verallgemeinerung von bisher getrennt entwickelten Methoden (Sicherheitstechnik, Ergonomie, Verfahren vorbestimmter Zeiten, Refa, MTM, analytische Arbeitsbewertung nach dem Genfer Schema, arbeitswissenschaftliche/ arbeitsmedizinische Untersuchungen, fertigungstechnische Systemgestaltung) ausgelegt.

Prämisse war die gleichzeitige und gleichberechtigte Entwicklung von Technik-

Organisation-Mensch / Personal (Jungbluth 1973; Ulich 2005). Es sollten nicht mehr, wie vorher üblich, erst aus ökonomischer Perspektive die technischen Systeme von den Ingenieuren entwickelt und zur Funktion gebracht werden, um dann die ergonomische Gestaltung der Arbeitsplätze durchzuführen, sondern es galt, gleichgewichtig und gleichzeitig den unterschiedlichen Aspekten des Arbeits- und Wertzusammenhangs als System Rechnung zu tragen.

## **2. Das Aktionsprogramm Forschung zur Humanisierung des Arbeitslebens**

Das HdA-Programm wurde 1974 als gemeinsames Programm des Bundesministers für Arbeit und Sozialordnung (BMA), des Bundesministers für Forschung und Technologie (BMFT) und des Bundesministers für Bildung und Wissenschaft (BMBW) der Öffentlichkeit vorgelegt (Pöhler 1979; Bruder 1980; Pöhler & Peter 1982). Im Vorfeld initiativ waren u.a. der BMBW - Staatssekretär Helmut Rohde, gleichzeitig Vorsitzender der SPD Arbeitsgemeinschaft für Arbeitnehmerfragen, sowie der DGB. In Willi Brands Regierungserklärung von 1969 wurde neben dem bekannten „Mehr Demokratie wagen“ auch die „Humanisierung der Technik“ angekündigt. Beide Leitideen sollte das Humanisierungsprogramm vereinigen.

Das deutsche Programm Humanisierung des Arbeitslebens als ein staatliches Aktionsprogramm Forschung hat dann vor allem in den siebziger Jahren des vorigen Jahrhunderts, in einem begrenzten Zeitraum, gezeigt, wie ein definiertes Zusammenwirken von Politik, Staatsverwaltung, gesellschaftlichen Gruppen und Wissenschaften gelingen kann, „...damit die Arbeit menschlicher wird“ (Pöhler 1979). Wenn von dem Humanisierungsprogramm in dieser Phase gesprochen wird, ist heute in der Regel der Teil des Regierungsprogramms gemeint, der in Verantwortung des Bundesministers für Forschung und Technologie (BMFT) ab 1974 durchgeführt wurde. Dies lag vor allem an der um ein vielfaches größeren finanziellen Ausstattung des BMFT-Programnteils gegenüber dem Teil des Arbeitsministeriums (und den nicht vorhandenen Mitteln im Ressort des BMBW).

## **3. Die §§ 90/91 BetrVG von 1972**

Das Humanisierungsprogramm hatte seine Wurzeln auf Seiten des BMA in der Notwendigkeit, die u.a. in den §§ 90, 91 BetrVG enthaltene Forderung der Anwendung „gesicherter arbeitswissenschaftlicher Erkenntnisse“ näher zu bestimmen und anwendbar zu machen. Dazu wurde 1973 vom BMA eine Umfrage unter arbeitswissenschaftlichen Institutionen (im weitesten Sinne) eingeleitet (Mittler et al. 1977). Sie zeigte die unterschiedlichen Auffassungen der naturwissenschaftlichen und gesellschaftlichen Disziplinen, Fachkräfte und Tarifparteien auf, die über die Förderung gemeinsamer arbeitswissenschaftlicher Forschungen ausgeglichen werden sollten.

Vorlaufend gab es bereits erhebliche Anstrengungen vor allem aus dem Bereich der Arbeitsdirektoren der Montanindustrie, die im Rahmen der EGKS gemachten Erfahrungen mit der Gemeinschaftsforschung national stärker zur Geltung zu bringen. Zu nennen sind das per Vorstandbeschluss eingeführte „Arbeitswissenschaftliche Team“ der Salzgitter Hütte (Jungbluth 1967), das alle Erweiterungsplanungen und Beschaffungen abzu prüfen hatte. Der Arbeitswissenschaftliche Ausschuss (AWA) der Hoesch-Hüttenwerke Dortmund folgte in den siebziger Jahren der gleichen Logik (vgl. Fricke et al. 1982).

So ist nach § 90 Betr.VG der Betriebsrat über die Planung „1. von Neu-, Um- und Erweiterungsbauten von Fabrikations-, Verwaltungs- und sonstigen betrieblichen Räumen, 2. von technischen Anlagen, 3. von Arbeitsverfahren und Arbeitsabläufen oder 4. der Arbeitsplätze rechtzeitig zu unterrichten und die vorgesehenen Maßnahmen (sind) insbesondere im Hinblick auf ihre Auswirkungen auf die Art der Arbeit und die Anforderungen an die Arbeitnehmer mit ihm zu beraten. Arbeitgeber und Betriebsrat sollen dabei die gesicherten arbeitswissenschaftlichen Erkenntnisse über die menschengerechte Gestaltung der Arbeit berücksichtigen.“

Widersprechen die Änderungen diesen Erkenntnissen und resultieren daraus besondere Belastungen für die Arbeitnehmer, so kann der Betriebsrat nach § 91 BetrVG „Maßnahmen zur Abwendung, Milderung oder zum Ausgleich der Belastung verlangen“ und dazu im Streitfall die Einigungsstelle anrufen.

#### **4. Die „gesicherten“ arbeitswissenschaftlichen Erkenntnisse und die Arbeitswissenschaft(en)**

Nach dem die folgenreiche Entscheidung gefallen war, Arbeitswissenschaft als einheitliche Wissenschaft - und nicht als Arbeitswissenschaften, also als disziplinär verankerte, auf Arbeit bezogene, interdisziplinäre Ensembledisziplin - zu verstehen, galt es, den Gegenstand und die Ebenen der Arbeitswissenschaft zu bestimmen. Von bis heute herausragender Bedeutung für die Gegenstandsbestimmung erwies sich das hierarchische Fünf - Ebenen - Modell (Organismus, Operationen, Aufgaben, Koordinationen, Kooperationen) von Rohmert, das nachfolgend auf sieben erweitert wurde (nämlich um Interessen und Politik), mit personalem Handeln und Arbeitsformen im Zentrum (Luczak et al. 1987).

Hinzu kamen, ebenfalls von Rohmert, die Beurteilungs- und Bewertungsebenen der Arbeit nach den Kriterien der Ausführbarkeit, Erträglichkeit, Zumutbarkeit und Zufriedenheit, später ebenfalls auf sieben Ebenen erweitert um die Schädigungslosigkeit auf der untersten und die Sozialverträglichkeit auf der obersten Ebene (so z.B. auch von der IGM übernommen; vgl. Birkwald & Pornschlegel 1973; Birkwald & Dombre 1978). Durch die ebenenspezifische Gliederung entstand, statt einer interdisziplinären Gleichwertigkeit, wie von Fürstenberg (1975) impliziert, eine hierarchische Form, die das naturwissenschaftliche Paradigma als grundlegende Voraussetzung sah und deren Integration über eine Konzeption personalen Handelns („Personalität“ entsprechend der Enzyklika „Laborem Exercens“ von Johannes Paul II.; Ruttenfranz 1979; Luczak et al. 1987), die aus heutiger wissenschaftlicher Sicht so kaum mehr akzeptabel sein dürfte. Der Grundtatbestand der gesellschaftlichen Arbeitsteilung und der Voraussetzung und Notwendigkeit ihrer Bewertung und Veränderung wurde weitgehend ignoriert.

Durch die Integration arbeitsphysiologischer, ergonomischer und arbeitspsychologischer Disziplinen über ein normativ-naturwissenschaftliches Paradigma wurde die Arbeits- und Industriesoziologie faktisch „ausgesperrt“. Und die Aussperrung traf nicht nur die radikalen, z.T. „marxistischen“ Strömungen der Studentenbewegung, sie traf auch den weit vorausschauenden Ansatz von Konrad Thomas (1969) (aus der sozial-phänomenologischen Tradition von Plessner und Bahrdt aus Göttingen), den pluralistischen und durchaus industrienahen Ansatz von Fürstenberg (1975) sowie das Konzept der Reproduktionsrisiken von Döhl & Sauer (1983) aus München. Durch diese interdisziplinäre Blindheit wurden nachfolgend wichtige und für die Arbeitswissenschaften hoch bedeutsame Veränderungen auf dem Feld der Arbeit, wie

die Umwälzung der geschlechtsspezifischen Arbeitsteilung, der Entgrenzung und Subjektivierung der Arbeit oder auch der zunehmenden Relevanz der ökologischen, ökonomischen und sozialen Nachhaltigkeit kaum und nicht rechtzeitig erkannt.

Traten diese mehr gegenstandsbezogenen, defizitären Auswirkungen einer disziplinierten Engführung der Arbeitswissenschaft(en) erst später in Erscheinung, entbrannte von Anfang an ein methodischer und methodologischer Konflikt an der Formel der „gesicherten“ arbeitswissenschaftlichen Erkenntnisse, die nach den §§ 90/91 BetrVG angewandt werden sollten.

Methodologisch sah der Mainstream der Arbeitswissenschaft ein quantitativ-statistisches Vorgehen, neben der Funktionstüchtigkeit als einzige Möglichkeit, die Gesicherheit festzulegen (mit ihrer Vorstellung der Reproduzierbarkeit). Dadurch gerieten alle qualitativen und aktionsforscherischen Herangehensweisen, wie sie in den Sozialwissenschaften als wissenschaftlich gleichwertig angesehen wurden, ins Abseits. Dies entsprach durchaus auch weitgehend der Position der Arbeitgeber, während die Gewerkschaften (vgl. Birkwald & Pornschlegel 1973) in Anwendung der Absicht des Gesetzgebers (vgl. den Handkommentar zum BetrVG von Fitting et al.) darüber hinausgehend fünf Kategorien arbeitswissenschaftlicher Erkenntnisse vertraten: Methodisch und statistisch ausreichend begründete Erkenntnisse; eindeutig überwiegende Meinung innerhalb der Fachkreise; mehrheitlich vereinbarte, arbeitswissenschaftlich begründete Aussagen (z.B. REFA; Tarifverträge); DIN-Normen und ähnliche technische Regelwerke; vom Gesetz- und Verordnungsgeber übernommene Erkenntnisse.

Von diesen fünf Kriterien wurden vor allem 2. und 3. lebhaft und kontrovers diskutiert und spalteten die Arbeitswissenschaften, was sich nicht zuletzt im Rahmen des Humanisierungsprogrammes bemerkbar machte. Dessen Projektförderung wurde diesbezüglich nicht nur fundamental kritisiert (Rutenfranz et al. 1980, DFG Denkschrift 1980), sondern es wurde auch wesentlichen Impulsen ihre Wirksamkeit genommen.

Wenn wir trotzdem der Frage der Aktualisierung der §§ 90/91 BetrVG weiter nachgehen, so in Kenntnis der veränderten gesamtgesellschaftlichen und gesamtwirtschaftlichen Rahmenbedingungen („Globalisierung“), aber auch der überkommen theoretischen und methodologischen Blockaden im Rahmen der arbeitsbezogenen Wissenschaften selbst, die wie keine andere über diese Regelungen des BetrVG eine einmalige Chance der Weiterentwicklung bekommen hatten. Diese Blockaden scheinen gegenwärtig in der alten Form nicht mehr gegeben, was Chancen eröffnet, aber was noch zu beweisen wäre.

Doch welche arbeitswissenschaftlichen Erkenntnisse erfordern die Problemlagen moderner (Produktions-) Arbeit? Hierüber ist ein Diskurs zu führen.

## 5. Literatur

1. Birkwald, R. & Pornschlegel H. (Ed.) 1973, Mitbestimmen im Betrieb. Ein arbeits- und betriebskundliches Handbuch für Arbeitnehmervertreter. Köln: Bund-Verlag.
2. Birkwald, R. & Dombre, R. (Ed.) 1978, Menschengerechte Arbeitsgestaltung, 2. Informationsschrift von DGB, ÖGB, SGB. Köln: Bund Verlag.
3. Döhl, V. & Sauer, D. 1983, Entwicklung eines sozialwissenschaftlichen Risikobegriffs. München: IsF.
4. Fricke, W., Peter, G. & Pöhler, W. 1982 (Ed.), Beteiligen, Mitgestalten, Mitbestimmen. Arbeitnehmer verändern ihre Arbeitsbedingungen. Köln: Bund.
5. Fürstenberg, F. 1975, Konzeption einer interdisziplinär organisierten Arbeitswissenschaft, i.A. der Kommission für Wirtschaftlichen und sozialen Wandel der Bundesregierung, Bd. 64, Göttingen:

- Verlag Otto Schwartz (mit einem Anhang: Entschließung und Fortentwicklung einer interdisziplinären Arbeitswissenschaft (unterzeichnet u.a. von Birkwald, Fürstenberg, Grandjean, Hackstein, Hagenkötter, Jungbluth, Neuloh, Pornschlegel, Rehhan, Rohmert, Rühl, Schmidtke, Schulte, Schweres, Weil).
6. Jungbluth, A. 1973, Management und Arbeitswissenschaft, Das Mitbestimmungsgespräch, 5, 75-78.
  7. Jungbluth, A. 1967, Das „Arbeitswissenschaftliche Team“, der Arbeitgeber, 19,19/20, 561-563.
  8. Luczak, H., Volpert, W., Raeithel, A. & Schwier, W. 1987, Arbeitswissenschaft. Kerndefinition-Gegenstandskatalog-Forschungsgebiete. Eschborn: Rationalisierungskuratorium der Deutschen Wirtschaft.
  9. Mittler, H., Ochs, P. & Peter, R. 1977, Anwendung arbeitswissenschaftlicher Erkenntnisse im Industriebetrieb. Eine empirische Studie über Bedingungen und Strukturen der betrieblichen Umsetzung arbeitswissenschaftlicher Erkenntnisse, vom Institut für Sozialforschung und Sozialwirtschaft (ISO) Saarbrücken. Bonn-Duisdorf: Bundesminister für Arbeit und Sozialordnung.
  10. Pöhler, W. (Ed.) 1979, ... damit die Arbeit menschlicher wird. Fünf Jahre Aktionsprogramm Humanisierung des Arbeitslebens, Bonn-Bad Godesberg: Neue Gesellschaft.
  11. Pöhler, W. & Peter G. 1982, Erfahrungen mit dem Humanisierungsprogramm. Köln: Bund.
  12. Rutenfranz, J. 1979, Humanisierung des Arbeitslebens. Sozialethische und präventivmedizinische Aspekte. Schwerte: Katholische Akademie Schwerte.
  13. Rutenfranz, J., Luczak, H., Lehnert, G., Rohmert, W. & Szadowski, D. 1980, Denkschrift zur Lage der Arbeitsmedizin und der Ergonomie in der Bundesrepublik Deutschland. Im Auftrag der Senatskommission der Deutschen Forschungsgemeinschaft für Arbeitsmedizin und Ergonomie, hrsg. von der DFG. Boppard: Harald Boldt Verlag.
  14. Sozialforschungsstelle TU Dortmund, IG Metall Frankfurt & Wissen Transfer, Präventive Arbeitsgestaltung unter Nutzung der §§ 90 und 91 Betriebsverfassungsgesetz, Projekt im Rahmen des INQA Programms der Bundesregierung, Arbeitspaket 2, Aufarbeitung und Diskurs um die Anwendung der §§ 90, 91 BetrVG („gesicherte arbeitswissenschaftliche Erkenntnis“) in den 1970/80er Jahren hinsichtlich ihrer hemmenden und fördernden Bedingungen.
  15. Ulich, E. 2005, Arbeitspsychologie, 6. Auflage. Zürich: Poeschel.
  16. Thomas, K. 1969, Analyse der Arbeit. Möglichkeiten einer interdisziplinären Erforschung industrialisierter Arbeitsvollzüge. Stuttgart: Enke.





# The Ergoman Training Model, Fitting Industrial Ergonomics Needs: A Leonardo project

Jurij WAKULA<sup>1</sup>, Emanuela OVCIN<sup>2</sup>, Aileen JACKSON<sup>3</sup>,  
Leonard O'SULLIVAN<sup>3</sup> and Massimo DI PARDO<sup>4</sup>

<sup>1</sup> *Institut für Arbeitswissenschaft, Technische Universität Darmstadt,  
Petersenstrasse 30, D-64287 Darmstadt*

<sup>2</sup> *CONSORZIO PER LA RICERCA E L'EDUCAZIONE PERMANENTE (COREP),  
Corso Trento 13, I-10129 Turin*

<sup>3</sup> *Ergonomics Research Group, University of Limerick, Castletroy, Limerick*

<sup>4</sup> *Centro Ricerche Fiat S.C.p.A.(CRF),  
Strada Torino 50, I-10043 Orbassano (TO), Turin*

**Abstract:** The ERGOMAN-Leonardo project aims at the development of a new professional profile "Ergo-Designer" as well as the development of a training model to build competences and skills of professionals at an European level for effective application in the design of ergonomic work processes and workplaces. Results of the project are exploitable in all EU-countries because the professional profile will be designed to respond to industrial needs and to European standards. The project consortium encompasses partners of four different European countries namely Italy, Germany, Ireland and Slovenia.

**Keywords:** Professional profile, "Ergo-Designer", training model.

## 1. Introduction and Background

Each year realisation of the importance of Ergonomics grows as its tangible benefits to society at large, and in particular in terms of safety and comfort at work and home, are increasingly felt. New ergonomics issues, for example 'Ergonomics and Safety of Advanced Manufacturing Systems' and 'System Maintenance and Reliability', reflect not only changes occurring in the workplace and work environment, but also illustrate the need to optimise the ever increasing complexity of human-work systems and work processes. The new and old Ergonomic challenges that industry face today require the concentrated efforts of many different professionals and the constant updating/improvement of their knowledge of the field of Ergonomics. Thus, the challenge is to train students, postgraduates and engineers up to have adaptive, quick-response, process ergonomics design and evaluation skills, so that modern flexible manufacturing processes can improve the quality, productivity and health of the worker.

## 2. Project Aim

The ERGOMAN- Leonardo project has the following aims:

- The development of a new professional profile in the field of ergonomics which takes into consideration the design of processes and workplaces. This means the standardisation of professional competences in order to give the same accreditation to different educational systems and countries in Europe.

- The definition of steps in which a common framework for uniform competence building will be developed as well as the definition of steps needed for the development of a transnational training model for competence building. Furthermore this model will align the competences and skills of teachers and trainers in all European countries.

The three objectives (and related results) are clearly defined as:

- Competence definition (for the "Ergo-Designer" professional profile), necessary for the ergonomic design of workplaces, products and processes.
- Development of a Didactical model (for example the HETPEP Model), necessary for the competence building of the aforementioned professionals.
- Creation of a Network in order to support the centre of excellence (including the University and the training centres), the industries and the professionals working in the field of ergonomic design.

### 3. The HETPEP Model

The HETPEP Model for European Ergonomists stands for Harmonising European Training Programmes for the Ergonomics Profession. It resulted from the efforts of a working group drawn from the ergonomics societies of France, England, Germany and the Netherlands, plus a series of subsequent meetings held from 1985 to 1992. Its report specifies the minimum qualification requirements for the decisions of the Board of the Centre for Registration of European Ergonomists (CREE) with regard to applicants for the title of European Ergonomist (Eur Erg). The formation leading up to the level of "European Ergonomist" consists of the following three components:

- Education: course material, including laboratory exercises where appropriate.
- Training: should emphasise learning through supervised 'doing' in applied situations.
- Experience: unsupervised professional practice aimed at the demonstration of working professionally and independently.

This formation model may be expressed by the equation:

$$\text{Eur. ERG} = \text{Education} + \text{Training} + \text{Experience}$$

The ERGOMAN project includes the development of a training model to build competences and skills of professionals at a European level for effective application in the design of ergonomic work processes and workplaces. Hence, results of the project are exploitable in all EU-countries because the professional profile is designed to respond to industrial needs and to European standards. The uniform approach to the ergonomic and safety problems identified by the network (another result of the project) will be able to guide and push standards and legislation towards the improvement of working conditions and the comfort and safety of workplaces and processes.

### 4. Methodology for Competence Profile Building

The first step of the project is to focus on defining the real requirements of the new profile of professionals active in the field of ergonomics and safety design of workplaces and production processes in industry. The ergonomics requirements and needs of industry is being investigated. In particular, the objective is to identify areas for improvement in design knowledge and training delivery in applied ergonomics and to build a balancing matrix about these needs. The targets of the result are industries, organisations and professionals working in the field of workplace and process design.

To cope with the challenges the practical activity is based on the following points:

- Context Analysis to meet the needs of employers and workers, how these needs can be translated into desired professional skills, and how the educational model may be applied.
- Work analysis on the tasks being performed during a work and workplaces design process.
- User analysis on the level of existing knowledge of the subject amongst the different kinds of users to which the educational and training model will be addressed.
- Content analysis that means the examination of documents, laws and procedures used on the job.

Development of the training model will include benchmarking of competent centres in ergonomics training across Europe capable of supporting a network for the training model delivery. The most appropriate methodology for engineering design of processes, integrated with methodologies for ergonomic analysis, will be investigated in collaboration with the centres of competence selected in order to prepare state of the art advances in that field.

## **5. Ergo-Designer Profile and Training Model**

The target audience for the ERGOMAN training model are organisations, universities, industries and policy makers across Europe having a need for ergonomics and safety training in the design of workplaces and production processes. The skills associated with best practice in industry as well as standards and tools used are also considered. To trace the profile of competences, it is necessary to define and describe the appropriate training model. The partnership has identified the following steps:

- Listing of the most important multidisciplinary knowledge areas and definition of the steps necessary for supplying an effective and structured package, addressed to the concrete implementation of the acquired knowledge;
- Identification of the main topics to be developed during the teaching period;
- Identification of the concept maps for the creation of content;
- Exploitation of accessible information and best use of interactive resources;
- Identification of technologies to support non traditional training;
- Analysis of the best training methodologies (training on the job, action learning and so on) to suit target requirements and taking into account available study time.

Students must act in environments which replicate the real expert environment as much as possible. Guidance at the context level can be given by experts performing the activities, leaving the students in the full role of designers. Didactic means have also to be defined by the selection of traditional ones or by combining ICT materials with traditional methods on appropriate topic in order to enhance student learning. The training model has to be classified based on the following: experience level required for its use, guidance, structure of knowledge, context, objectives and uses, theoretical basis, definition of an assessment programme and the teaching rules, identification of skills and expertise required for the trainers to train.

## **6. Expected impact of ERGOMAN**

The expected impact of the Ergoman project will be

- Reduction in injuries to workers and compensation costs to companies.
- Reduced occupational health and social welfare costs for EU states.
- Reduced rehabilitation and associated costs for companies.
- Reduced strain on European occupational health services

- Improved productivity and quality in workplaces and in production processes.
- Improved flexibility in accommodating new product design at short notice and process changeover costs.
- Higher quality and more innovative Engineer problem solving skills .
- Quicker response and increased implementation of knowledge competence roadmaps, safety legislation and standards in European workplaces.

## **7. ERGOMAN – Consortium**

The consortium is comprised of partners based in four different European countries (Italy, Germany, Ireland and Slovenia): two of which are universities (Limerick and Darmstadt), one a vocational centre with direct contact to the industrial world (COREP), one the research centre of the FIAT Group (CRF), and an institute supporting the tool making industry (VIVAPEN). All partners have direct links to national and international networks (companies, associations, stakeholders, policy makers) related to ergonomics and safety: for this reason all of them will actively contribute to the dissemination and exploitation of the project.

## **8. Dissemination and Exploitation**

The ERGOMAN dissemination results will be realised through:

- the project website: [www.ergoman.eu](http://www.ergoman.eu), published in four languages: it is considered the main tool for the dissemination of results. It will soon become a “living” website, aimed at promoting and raising awareness of the project,
- the production of the ERGOMAN project leaflet,
- scientific publications in journals,
- presentation at conferences and events related to Ergonomics and Safety, both remotely and locally in person,
- keeping strict alignment with similar EU funded projects,
- organising national and international workshops with topics related to Ergonomics, Industrial Safety and Occupational Health.

The ERGOMAN project aims at the direct involvement of target groups, thus providing continuous feedback during the competence profile building and pedagogical modelling, in order to have an ongoing assessment of the “theoretical” methodology in real life practice.

The Project will also involve partners’ networks in the form of German, Italian and Irish Ergonomics Societies, The Centre for Registration of European Ergonomists-(CREE), and the Federation of European Ergonomics Societies.

### **Acknowledgements**

The Ergoman Project is funded by the Lifelong Learning Programme, Leonardo da Vinci Sub-Programme, Project number 503041-LLP-1-2009-1-IT-LEONARDO-LMP by the European Union

# Total Health Management – von der Analyse zur Gestaltung des betrieblichen Gesundheitsmanagements

Ruth HOLM, Volker DAVID, Udo KIEL und Dirk FRANZEN

*Projektleitung INDINA, ffw GmbH Gesellschaft für Personal- und Organisationsentwicklung,  
Allersberger Str. 185/ F, D-90461 Nürnberg*

**Kurzfassung:** Es werden die Ergebnisse des Projekts INDINA zum betrieblichen Gesundheitsmanagement berichtet. Die im Projekt entwickelten Modelle, Analyse- und Gestaltungsinstrumente sowie in der betrieblichen Praxis gewonnene Ergebnisse werden vorgestellt.

**Schlüsselwörter:** Ganzheitliches betriebliches Gesundheitsmanagement, Mitarbeiterportfolioanalyse, Ergonomie, Gesundheitsgerechte Führung.

## 1. Einleitung

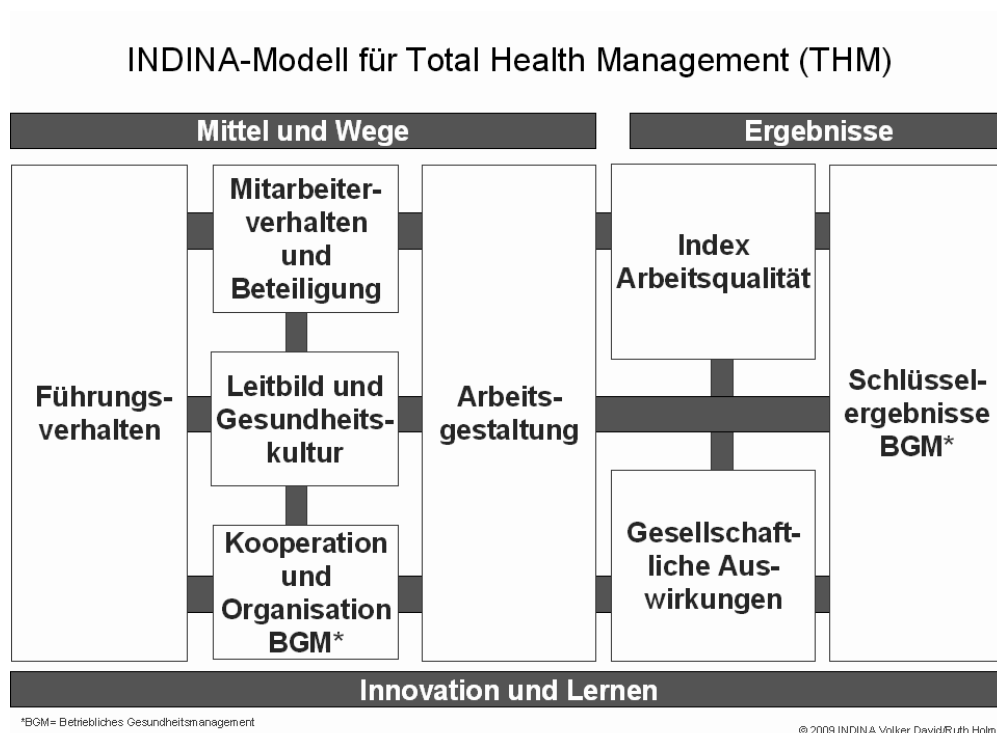
Das Projekt INDINA zielt auf die Förderung der Innovations- und Leistungsfähigkeit der Unternehmen und gesundheitsförderlicher, guter Arbeitsbedingungen für die Beschäftigten (zum Projekt David et al. 2009). Im Projektverlauf wird das Total Health-Management (THM)-Modell für ein ganzheitliches Gesundheitsmanagement entwickelt. Dieses stellt den analytischen und gestalterischen Gesamtrahmen für die Projektaktivitäten und die Entwicklung der INDINA-Toolbox dar. Das THM-Modell bietet ebenso das Fundament für einen Selbstbewertungsprozess in den Unternehmen, der den Weg von Insellösungen zu einem ganzheitlichen betrieblichen Gesundheitsmanagement (GBM) erkennen und in Etappen planen lässt. Im Workshop stellen wir Modell, Vorgehensweise und einige Ergebnisse aus der betrieblichen Praxis vor. Dann gehen wir in die Tiefe und greifen aus den vielfältigen betrieblichen Gestaltungsprojekten in den fünf Gestaltungsfeldern Führungsverhalten, Leitbild und Gesundheitskultur, Mitarbeiterverhalten und Beteiligung, Organisation und Kooperation im BGM sowie Arbeitsgestaltung einige Beispiele für vertiefte Analysen und Umsetzungsmaßnahmen heraus. Aus dem Gestaltungsfeld Führungsverhalten mit Überlappung zum Feld Arbeitsgestaltung stellen wir in Kapitel 3 zwei betriebliche Projektbausteine vor: das bereichsspezifische Gesundheitsaudit und einen Baustein aus der Führungskräfte-schulung. Aus dem Feld Arbeitsgestaltung berichten wir ebenfalls von zwei Analyseinstrumenten: In Kapitel 4 geht es um die Methodik der Mitarbeiterportfolioanalyse, welche einen Beitrag zur lernförderlichen und leistungsgerechten Arbeitssystemgestaltung darstellt. Kapitel 5 rückt die ersten Ergebnisse aus einer aktuellen Ergonomie-Studie zur Belastungssituation von Beschäftigten an Arbeitsplätzen in Gießereien in den Mittelpunkt.

## 2. Das INDINA-Modell für ein ganzheitliches BGM

Ein Ziel des Projekts INDINA ist die Entwicklung eines Managementmodells zur Steuerung des betrieblichen Gesundheitsmanagements. Dabei orientieren wir uns am EFQM-Modell für Excellence (EFQM 2009), um ein High-End-Instrument für ge-

sundheitsbewußte Unternehmen, ob klein, ob groß, in der Gießereibranche und darüber hinaus zur Verfügung zu stellen. Das Modell ist im Wesentlichen ein Instrument zur Selbstbewertung, um die Stärken und Verbesserungspotenziale einer Organisation im BGM zu identifizieren. Auf dieser Grundlage können zielgerichtet Maßnahmen entworfen und priorisiert werden. Darüber hinaus zeigt die ermittelte Punktzahl den Reifegrad der Organisation im BGM und bietet zukünftig die Möglichkeit eines Benchmarks mit anderen Unternehmen. Zur Grundlage des Modells gehören acht Grundprinzipien für Excellence im Gesundheitsmanagement, welche Leitlinien einer innovativen Arbeitsweise darstellen.

## 2.1 Die acht Prinzipien und Darstellung des THM-Modells



**Abbildung 1:** Das INDINA- Modell für ganzheitliches Gesundheitsmanagement (THM)

Ein ganzheitliches BGM wird durch Begleitung, Beratung und Qualifizierung von Management, Betriebsrat und anderen zentralen Akteuren implementiert. Dabei wird auf die Entwicklung einer betrieblichen Gesundheitskultur Wert gelegt, die

- auf Prävention im BGM setzt und bisherige Reparatur- und Kompensationskulturen ablöst,
- sowohl die Aspekte Verhältnis- wie Verhaltensprävention und Führung umfasst,
- körperliche und psychische Belastung und Beanspruchung im Blick hat,
- entwicklungs- und gesundheitsförderliche Ressourcen der Organisation identifiziert und stärkt,
- einen angemessenen Mix aus Experten- und Beteiligungsorientierung im BGM verfolgt,
- das BGM in das betriebliche Managementsystem integriert und so in die Unternehmensstrategie einbettet,
- interne und externe Fachleute für gemeinsames Handeln gewinnt und vernetzt sowie



- die Ergebnisorientierung und das Erfolgscontrolling als Steuerungspotenzial nutzt.

Diesen Grundprinzipien entsprechend ist das Modell aufgebaut und inhaltlich gefüllt. Das folgende Schaubild zeigt das INDINA-THM-Modell für ein ganzheitliches betriebliches Gesundheitsmanagement (vgl. Abbildung 1).

Jedes der acht Kriterien Führungsverhalten (Kriterium 1), Leitbild und Gesundheitskultur (Kriterium 2), Mitarbeiterverhalten und Beteiligung (Kriterium 3), Kooperation und Organisation des BGM (Kriterium 4), Arbeitsgestaltung (Kriterium 5), Index Arbeitsqualität (Kriterium 6), gesellschaftliche Auswirkungen (Kriterium 7) und Schlüsselergebnisse BGM (Kriterium 8) ist mit weiteren Anforderungen in Form von Unterkriterien hinterlegt. Eine ausführliche Darstellung haben wir in David (2009) veröffentlicht. Exemplarisch stellen wir zwei Kriterien hier vor, auf das Kriterium Führungsverhalten wird in Kapitel 3 eingegangen, da hier die Verzahnung von Modell, Arbeitsprinzipien und Analyse- und Gestaltungsinstrumenten besonders deutlich wird.

Das Kriterium 2 - Leitbild und Gesundheitskultur - geht von der These aus, dass gesundheitsbewusste Organisationen ein gemeinsam getragenes Gesundheitsleitbild und eine salutogenetische Gesundheitskultur haben. Eine die Ressourcen stärkende Gesundheitskultur zeigt sich darin, dass

- das Gesundheits-Leitbild ein Teil der Vision, Mission, Werte und ethischen Grundsätze der Organisation darstellt,
- das Gesundheits-Leitbild beteiligungsorientiert erstellt und intern sowie extern kommuniziert und bekannt ist,
- die gelebte Gesundheitskultur die Ressourcen stärkt und zum Wohlbefinden der Beschäftigten beiträgt,
- das Gesundheits-Leitbild in der Organisation nachhaltig verankert ist, indem ein Set von relevanten Kennzahlen definiert wird, Ziele für zu erreichende Ergebnisse gesetzt werden und Pläne zur Umsetzung des Gesundheits-Leitbildes erstellt sind,
- gesundheitsrelevante Führungsgrundsätze formuliert sind.

Dem Kriterium 5 – Arbeitsgestaltung - liegt die These zugrunde, dass gesundheitsbewusste Organisationen Prozesse und Arbeitssysteme gestalten, managen und verbessern, um übermäßige Belastung und Fehlbeanspruchung zu vermeiden und gesundheitsförderliche Ressourcen zu stärken. Die gesundheitsbezogene Prozessqualität zeigt sich dadurch, dass

- die Prozesse systematisch auf der Grundlage arbeitswissenschaftlicher Erkenntnisse (ausführbar, schädigungslos, beeinträchtigungsfrei, zumutbar und persönlichkeits- sowie lernförderlich) gestaltet und gemanagt werden,
- die Analyse und Bewertung von physischer und psychischer Belastung und Beanspruchung (u.a. Gefährdungsbeurteilungen und Belastungskataster) systematisch und strukturiert erfolgt,
- die Anwendung von ergonomischen Prinzipien und Arbeitssicherheitsbestimmungen in Planung und Entwicklung von Produkten und Dienstleistungen sichergestellt wird und die Kunden über gesundheitliche Risiken bei der Anwendung aufgeklärt werden,
- die Berücksichtigung der Arbeitsgestaltungsanforderungen von besonderen Beschäftigtengruppen in der Organisation, wie z. B. Schwerbehinderte, Schwangere, Jugendliche etc., gewährleistet ist,
- die Arbeitszeitgestaltung nach arbeitswissenschaftlichen Kriterien erfolgt und durch eine Gefährdungsbeurteilung überprüft wird (life-work-balance).

## 2.2 Erkenntnisse und Ergebnisse aus der Projektpraxis

In den vier beteiligten Unternehmen wurden zu Beginn des Projekts erste Selbstbewertungen bezogen auf die Kriterien 1 bis 5 nach dem INDINA-THM-Modell durchgeführt. In 2010 wird ein zweiter Selbstbewertungsprozess vorgenommen, der den integrierten Gesundheitsbericht im Sinne der Ergebniskriterien Arbeitsqualität, gesellschaftliche Ergebnisse und Schlüsselresultate des BGM umfassen wird. Aktuell wird hierfür ein Messkonzept in Zusammenarbeit aller beteiligten Projektinstitute und gemeinsam mit den Pilotbetrieben entwickelt. Handlungsleitend für das zu entwickelnde Messkonzept kann beispielsweise eine Variante einer Gesundheit-Balanced-Score-Card sein, orientiert etwa an von Horváth et al. (2009) oder dem Ansatz einer Präventionsbilanz (Bräunig & Mehnert 2008).

Der erste Selbstbewertungsprozess wurde in den beteiligten Unternehmen von einem Expertenkreis durchgeführt. Die Grundlage der Selbstbewertung war ein mit Zahlen, Daten und Fakten gefülltes Arbeitsbuch des INDINA-THM-Modells, in dem zu jedem Unterkriterium Stärken und Verbesserungspotenziale gesammelt wurden. Die Stärken wurden mit Nachweisen aus der Unternehmenspraxis belegt.

Ein kleines, bis zu vier Personen starkes Team aus jedem Betrieb sammelte die Fakten, erstellte das Arbeitsbuch und bereitete einen knapp zweitägigen Workshop vor, auf dem die Selbstbewertung von einem erweiterten Führungskreis und betrieblichen Fachexperten durchgeführt wurde. Diese Teams, denen auch immer mindestens ein Betriebsratsmitglied angehörte, wurden in einer zweitägigen Qualifizierungsmaßnahme und einem weiteren eintägigen Follow-up-Workshop durch die Institute ArbeitsInnovation und ffw GmbH auf diese Aufgaben vorbereitet. Dieser Expertenkreis aus der betrieblichen Praxis dient gleichzeitig im Projekt als Reflexionsgruppe für die THM-Modellentwicklung.

Die Selbstbewertungen in den Unternehmen haben gezeigt, dass das Modell eine ganzheitliche Betrachtungsweise fördert und die Beteiligten in die Lage versetzt, die gesamte Komplexität der Thematik zu erfassen.

Größere Unternehmen haben erwartungsgemäß eine größere Chance den Dokumentationsanforderungen des INDINA-THM-Modells nachzukommen. Auch das Vorhandensein einschlägiger Managementsysteme für Qualität, Umwelt oder Arbeitsschutz erleichtert das Zusammentragen der benötigten Zahlen, Daten und Fakten. Die umfassende Systematik und die sehr analytisch-ganzheitliche Herangehensweise, wie sie auch anderen Managementsystemen eigen ist, ist für die beteiligten Akteure eine Herausforderung. Nichtsdestotrotz ist es möglich, verschiedenen Varianten zur Bestandsaufnahme zum betrieblichen Gesundheitsmanagement nach dem THM-Modell vom Kurz-Check bis zur umfassenden Selbstbewertung Unternehmen anzubieten und in der Vorgehensweise auf die betriebspezifischen Bedarfe abzustimmen.

## 3. Aus der Projektpraxis: Arbeits- und Gesundheitsschutz als Führungsaufgabe

Die inzwischen zahlreichen Studien, welche den Anstieg psychischer Belastung in der Arbeitswelt (vgl. Ahlers 2009), die Dauerstressfolgen wie vitale Erschöpfung und mangelnde Erholungsfähigkeit - kurz auch Burnout-Syndrom (vgl. Hollmann & Hanebuth 2009) - sowie den Zusammenhang von Führungsverhalten und guter Arbeit (vgl. Fuchs 2006; BIBB/BAUA 2008) belegen, weisen zum einen auf die zentrale Rolle

der Führungskräfte im Gesundheitsmanagement und die Tatsache hin, dass das Führungsverhalten sowohl Stressor wie auch Ressource sein kann. Gleichfalls streichen sie zum anderen die Bedeutung eines achtsamen Umgangs der Führungskräfte mit sich selbst und die betriebliche Unterstützung der Führungskräfte (vgl. u.a. Matyssek 2007) bspw. durch Qualifizierungen zum gesundheitsgerechten Führen heraus. Im Rahmen des Projekts INDINA wird der zentralen Rolle der Führungskräfte sowohl im Rahmen des Modells wie auch in den betrieblichen Gestaltungsprojekten Rechnung getragen.

Gesundheitsgerechtes Führen heißt u.a. die körperlichen und psychischen Gefährdungs- und Belastungssituationen im eigenen Verantwortungsbereich zu erkennen und aktiv zu beeinflussen. Gefährdungs- und Belastungsbeurteilungen nach § 5 ArbSchG sind seit 1996 für die Unternehmen verpflichtend und stellen die Grundlage für ein solches Handeln dar. Bisherige Untersuchungsergebnisse weisen jedoch darauf hin, dass sowohl der Bekanntheits- wie auch Umsetzungsgrad noch gering ist, und der Anteil der Betriebe noch kleiner wird, wenn es um die Integration psychischer Belastungen geht (vgl. u.a. Ahlers 2009; Satzer & Geray 2008). Daher wird im Rahmen von INDINA ein beteiligungs- und expertenorientiertes Instrument - das „Gesundheitsaudit“ - entwickelt und erprobt (Holm & David 2009). Gesundheitsgerechtes Führungsverhalten erfordert gleichfalls eine Schulung der Führungskräfte zum breiten Themenfeld „Arbeits- und Gesundheitsschutz als Führungsaufgabe“ – ein Modul aus dem INDINA-Projekt wird im Anschluss vorgestellt.

Ziel des Gesundheitsaudits ist es, physische und psychische Gefährdungen und Belastungen festzustellen, Führungskräften ihre Verantwortung im Arbeits- und Gesundheitsschutz bewusst zu machen, und Raum zu geben, ihr Führungsverhalten zu reflektieren und die Verbesserung der Arbeitsbedingungen zu forcieren.

Bei der betrieblichen Abstimmung des Vorgehens werden alle relevanten Gesundheitsakteure einbezogen, z.B. Fachkraft für Arbeitssicherheit, Werksarzt, Personalmanagement, Betriebsrat. Darüber hinaus wird die Gesundheitssituation im Bereich mittels einer Mitarbeiterbefragung zu Stressfaktoren und Gesundheitsressourcen in der Arbeit sowie vertiefenden Workshops mit Lösungssuche erfasst. Verbunden damit ist ebenfalls eine Stärkung der Gesundheitskompetenz der Mitarbeiter durch Sensibilisierung und Beteiligung. Der Vorteil dieser Vorgehensweise ist die Integration von Beteiligungs- und Expertenorientierung im Arbeits- und Gesundheitsschutz, eine gemeinsame Sprach- und Denkentwicklung (Gesundheits- und Ressourcenorientierung) sowie Verständnis und Wertschätzung der unterschiedlichen (Fach)Perspektiven.

Das Gesundheitsaudit ist ein bereichsspezifisches Vorgehen und kombiniert unterschiedliche Instrumente und Vorgehensweisen (vgl. Abbildung 2).

Auf einige Aspekte gehen wir genauer ein: Die Mitarbeiterbefragung kann mit unterschiedlichen Instrumenten durchgeführt werden und hängt auch von der betrieblichen Situation ab. Im Pilotunternehmen gab es keine aktuell geplante unternehmensweite Mitarbeiterbefragung, welche um Belastungsdimensionen hätte ergänzt werden können. Daher wurde die Analyse von Stressfaktoren und Ressourcen in der Arbeit mit einem betriebsspezifisch angepasstem Fragebogen auf Basis des IMPULS-Tests (Molnar et al. 2009) durchgeführt. Dieser wurde u.a. ausgewählt, weil er die strukturellen Bedingungen von Stress erfasst und - dem salutogenetischen Modell (Antonovsky 1997) folgend - die Perspektive ergänzend auf die Gesundheitsressourcen in der Arbeit richtet. Damit werden sowohl Handlungsbedarfe zur Optimierung von Belastung und zur Vermeidung von Stress sichtbar als auch die Pflege und der Ausbau von stressreduzierenden Arbeitsbedingungen betont.



© INDINA Holm/David

**Abbildung 2:** Vorgehen Gesundheits-Audit

Die Gespräche mit den Führungskräften wurden entlang eines Leitfadens zum Führungsverhalten geführt. Dieser basiert neben Aspekten aus dem Mitarbeiterfragebogen auf den Anforderungen des Kriteriums 1 Führungsverhalten des INDINA-THM-Modells. Dieses geht von der These aus, dass gesundheitsbewusste Organisationen eine gesundheitsgerechte Führungskultur prägen. Die gesundheitsbezogene Führungsqualität zeigt sich im

- gesundheitsgerechten Führen,
- Coaching und der Qualifizierung der Führungskräfte für Gesundheit,
- Vorbildcharakter der Führungskräfte für gesundheitsförderliches Verhalten,
- Mitwirken der Führungskräfte am Aufbau und der Entwicklung eines ganzheitlichen, betrieblichen Gesundheitsmanagements.

Die Durchführung, insbesondere sensibler Teilinstrumente (Führungskräfte-Interviews, Moderation der Mitarbeiter-Workshops und Auswertung der Befragungsdaten) wurde durch die begleitenden Institute ffw GmbH und ArbeitsInnovation vorgenommen. Beispielhaft sollen hier zwei Ergebnisse vorgestellt werden:

- Im Bereich Ergonomie wurde in einem Lagerbereich empfohlen, aufgrund der einseitigen Belastung bzw. Heben und Tragen als wesentliche Belastungsschwerpunkte über eine systematische Job-Rotation zur Steigerung der Mitarbeiterflexibilität sowie der Belastungswechsel nachzudenken. In einem indirekten Bereich steht die Förderung der Sitz-Steh-Dynamik sowie der Bürogestaltung im Vordergrund. Empfehlung ist hier bspw. die verstärkte Unterweisung der Mitarbeiter zu sicherheits- und gesundheitsbewusstem Arbeiten.
- Im Bereich Führung weisen die Ergebnisse aus den Pilotbereichen auf erweiterten Schulungsbedarf hinsichtlich der Pflichtübertragung, der Durchführung von Gefährdungs- und Belastungsbeurteilungen nach § 5 ArbSchG sowie zum

gesundheitsgerechten Führen hin.

Wie ein Modul einer solchen Qualifizierungsreihe „Gesundheitsgerechte Führung“ aussehen kann, zeigt ein anderes Praxisbeispiel aus dem Projekt INDINA. In zwei Unternehmen wurden mit unterschiedlichen Fokussierungen alle Führungskräfte vom Schichtführer bis zum Abteilungsleiter zum Thema Arbeits- und Gesundheitsschutz qualifiziert. Das Seminar wurde als eintägiges Modul im Sinne eines Auftaktseminars konzipiert, welches in Kooperation mit den betrieblich zuständigen Berufsgenossenschaften Metall, der ffw GmbH sowie jeweils den betrieblichen Leitern des Arbeitsschutzes durchgeführt wurde. Zielsetzungen dieses Bausteins können je nach Ausrichtung sein:

- Arbeits- und Gesundheitsschutz als Führungsaufgabe im Unternehmen verankern,
- Führungskräfte kennen ihre Verantwortung, Rechte und Pflichten im Arbeits- und Gesundheitsschutz,
- Führungskräfte wissen, was gesundheitsgerechtes Führen bedeutet,
- Führungskräfte erkennen die Belastungs- und Gefährdungssituation in ihrem Verantwortungsbereich und beeinflussen sie aktiv,
- Führungskräfte kennen das betriebliche Instrument der Belastungs- und Gefährdungsbeurteilung und können es mit beratender Unterstützung der betrieblichen Experten anwenden,
- der Prozess der Gefährdungs- und Belastungsbeurteilungen ist im Unternehmen stabilisiert.

Die Führungskräfte erhielten inhaltlich und methodisch vielfältige Anregungen zu folgenden Aspekten:

- Verantwortung, Rechte und Pflichten im Arbeitsschutz und Haftungsfragen,
- Gesundheit als Führungsaufgabe,
- Vorstellung des betriebsspezifischen Instruments der Gefährdungs- und Belastungsbeurteilung und der betrieblichen Vorgehensweise.

Das Feedback aller Beteiligten war positiv und führte in den Unternehmen zu einem stärkeren Commitment in Sachen Gefährdungs- und Belastungsbeurteilung – vielleicht ein Indiz für einen erfolgreichen Weg zu einem besseren Umsetzungsstand und Sensibilisierung.

Arbeitsschutz und –sicherheit haben eine lange Tradition und auch ein hohes Niveau in der Gießereibranche. Wie das Thema Gesundheit als Führungsaufgabe umgesetzt werden kann, ist Inhalt der weiteren Aktivitäten: so wird bspw. an der Durchführung von weiteren Modulen zur Vertiefung bzw. zur Förderung der Gesundheitsführungs-Kompetenz der Führungskräfte gearbeitet. Zum einen handelt es sich bspw. um die Frage, wie eine vielfältigere und bessere Integration von Gesundheit(sthemen) in die Alltagskommunikation implementiert werden kann, welche über das selbstverständlichere Thema Arbeitssicherheit hinausgehen. Zum anderen um Qualifizierungsbausteine zur psychischen Belastung und Stress, der Rolle der Führungskraft im Betrieblichen Gesundheitsmanagement und Ansätze zur Stärkung der Gesundheitskompetenz der Mitarbeiter.

#### **4. Aus der Projektpraxis: gesundheitsförderliche Arbeitssystemgestaltung**

Ein wichtiger Aspekt für „Gesundheit“ im Rahmen des INDINA - Projektes ist der Faktor der lernförderlichen und leistungsgerechten Arbeitssystemgestaltung. Hierfür wurde aufbauend auf bereits erprobte Instrumente, wie der Arbeitsprozessanalyse



(Grote 2007), der Jobclusteranalyse (Bosse 2006) und der dynamischen Personalanalyse (Kiel i.E.) die Methodik der Mitarbeiterportfolioanalyse von H-Faktor in Zusammenarbeit mit Projektbetrieben entwickelt und erprobt. Ziel der Methodik ist eine auf Basis der aktuellen Informations- und Datenbanksysteme effiziente und effektive Methodik zur Identifizierung von Fehlforderungen und Potentialen zur Gestaltung lernförderlicher und flexibler Arbeitssysteme zu entwickeln.

Grundprinzip einer lernförderlichen und leistungsgerechten Arbeitssystemgestaltung ist eine Balance zwischen den betrieblichen Erfordernissen zur Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit und dem Anspruch der Sicherung der „Wieder-,“ Beschäftigungsfähigkeit der Mitarbeiter.

Im Zuge des dynamischen Wandels auf den Absatzmärkten, der fortschreitenden Dynamik der technischen Entwicklungen und den permanenten Beschleunigungsprozesses der Wissensgenerierung, zählt die Reaktionsgeschwindigkeit von Unternehmen, sich mit ihrer Organisation und den Prozessen auf stetig wandelnde Bedingungen einzustellen, zu den primären Potentialen zur Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit im turbulenten Umfeld. Hiermit steigen die Anforderungen in kürzester Zeit möglichst flexibel mit der Organisation und dem Personal auf diese Änderungen zu reagieren.

Im Zuge dieses Wandels erfahren die Mitarbeiter und deren Potentiale zur Aneignung neuen Wissens, des Erlernens weiterer Tätigkeiten und der Bereitschaft zur Erprobung von neuartigen Anforderungen eine Aufwertung. Personal ist nicht mehr nur ein Kostenfaktor, sondern ein zentraler Hebel zur Umsetzung von Strategie.

Hinzu kommt, dass das Arbeitskräfteangebot durch die demografische Entwicklung weiter zurückgehen wird. Personal – qualifizierte Fachkräfte – werden und sind bereits in vielen Branchen zu einem „knappen Gut“ geworden.

#### *4.1 Ausgangssituation in Unternehmen*

Häufig ist in Unternehmen ein stark differenziertes Expertensystem vorzufinden. Die Daten zur Person werden in der Personalabteilung gepflegt, die der Stellen und Prozesse, durch die jeweiligen Leiter der Abteilungen oder Geschäftsbereichsleiter und die Informationen zu Gefährdungen und Belastungen überwiegend von Experten aus dem betrieblichen Arbeits- und Gesundheitsschutz. Dieser Zustand führt in der Regel zu zahlreichen Informationsverlusten, da die Systeme zwar für ihre jeweilige Aufgabe die Daten erheben und pflegen – allerdings die Schnittstellen zwischen den Systemen nur marginal harmonisiert sind. So wird bspw. häufig zwischen Stelle/Tätigkeit und Qualifikation nicht unterschieden.

#### *4.2 Mitarbeiterportfolioanalyse im Überblick*

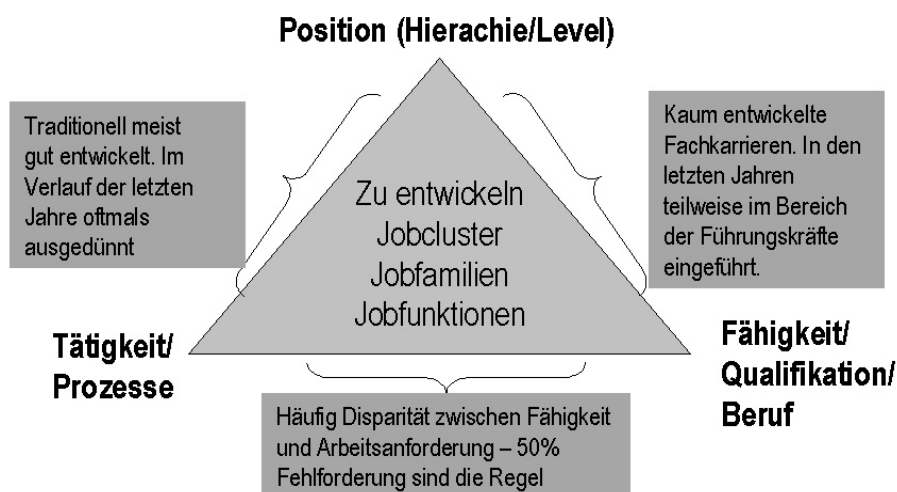
Im Rahmen der Mitarbeiterportfolioanalyse gilt es die Schnittstellen zwischen Tätigkeit, Qualifikation und Position zu harmonisieren (vgl. Abbildung 3). Dies geschieht über die Methodik der Definition von Jobclustern.

Phase 1 umfasst die Aufnahme der primären Tätigkeiten und Prozesse. Basis für die Mitarbeiterportfolioanalyse ist dabei, die im Vorfeld durchgeführte Arbeitsprozessanalyse. Im Rahmen der Arbeitsprozessanalyse werden die Arbeitssysteme (AS) gemäß der folgenden Kriterien bewertet:

- Beschreibung des AS: Anzahl MA, Organisation, Schicht-, Entgeltsystem (...),
- Aufgaben und Arbeitsprozesse,
- Arbeitsorganisation,



- Kommunikation und Kooperation,
- Auftragsdurchlauf,
- Schwankungen/ Störungen.



**Abbildung 3:** Mitarbeiterportfolioanalyse im Überblick

Das Vorgehen der Mitarbeiterportfolioanalyse basiert auf dem bekannten PDCA-Zyklus und erfolgt in 5 Phasen (vgl. Abbildung 4).



**Abbildung 4:** Der Prozess im Überblick

In Phase 2 geht es um die Definition der notwendigen Grundqualifikation- Stellensystematik vs. Qualifikationsprofil. In der Vergangenheit konnten Unternehmen oftmals aus einer Vielzahl gut qualifizierter Fachkräfte ihren Bedarf decken. Die hohe Arbeitslosigkeit bei gleichzeitigem Stellenabbau führte zu einem fast 30 jährigen Ungleichgewicht von Angebot und Nachfrage auf dem Arbeitsmarkt.

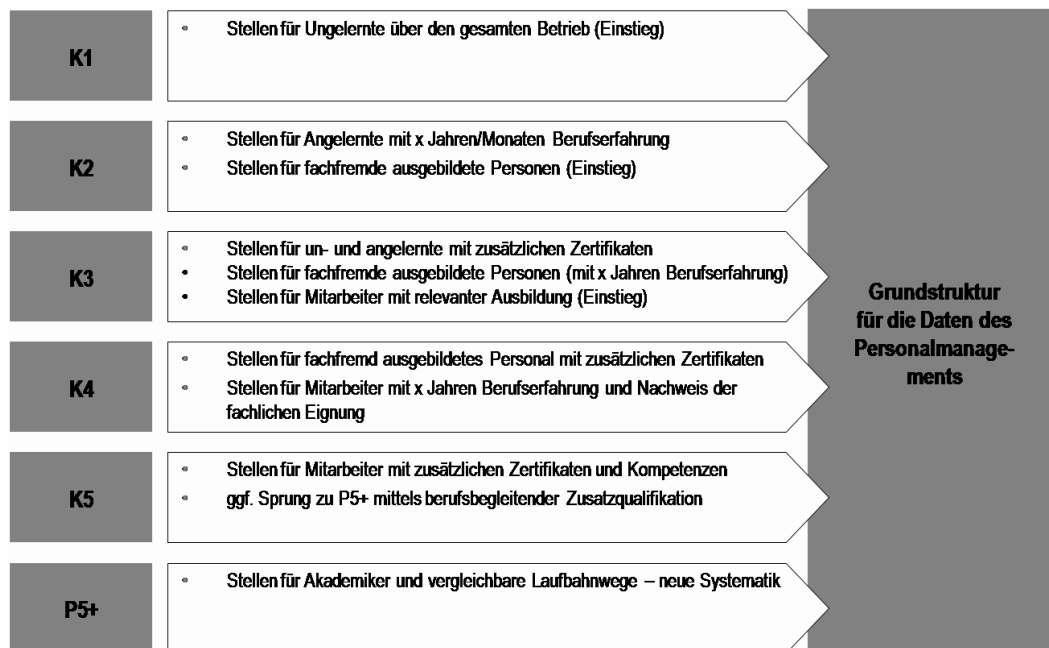
Im Fokus der Stellenbesetzung stand dabei die Einstellung von „jungem & qualifiziertem“ Personal. Eingepflegt in das Datenbanksystem wurde der Mitarbeiter in der Regel mit seiner Tätigkeit und nicht mit seiner Qualifikation.

Resultat dieses Verfahrens ist eine Inkompatibilität zwischen Stellen- und Qualifikationsprofil. Dies führt in der Regel zu Problemen bei der Identifizierung von vor-

handenen Talenten zur Besetzung frei werdender bzw. zusätzlich benötigter Kapazitäten. Nicht selten wurden und werden eher neue Mitarbeiter gesucht, als interne Talente gefördert.

Im ersten Schritt wurde im Rahmen der Mitarbeiterportfolioanalyse ein systematischer Abgleich zwischen der Stellensystematik und dem Qualifikationsprofil vorgenommen. Hierfür wurden folgende Schritte durchgeführt:

Übertrag der im Rahmen der Arbeitsprozessanalyse identifizierten Stellen eines Bereiches in eine „Kompetenzmatrix“. Die Kompetenzmatrix (vgl. Abbildung 5) erfasst im Wesentlichen, welche Grundqualifikation zur Ausübung der Tätigkeit zwingend erforderlich ist.



**Abbildung 5:** Kompetenzmatrix

Die Zuordnung der Personen zu Stellen gemäß Kompetenzmatrix erfolgt in Phase 3. In Step 1 erfolgt die Zuordnung der Stellen zu den Kompetenzstufen. Die Matrix verdeutlicht die aktuellen Stellen – hier Jobprofile bezüglich ihrer Einordnung in die Kompetenzstufen. Die Angaben in den Zellen entsprechen der Anzahl der Mitarbeiter, die an dieser Stelle eingesetzt werden. Insgesamt verdeutlicht die Matrix die Grenzen der aktuellen „Entwicklungsmöglichkeiten / Fachkarrieren“ innerhalb des Systems. Überdies lieferte die Arbeitsprozessanalyse das Ergebnis, dass kaum ein Wechsel zwischen den einzelnen Stellen/Tätigkeiten stattfindet. Demnach gilt eine Person = eine Stelle = eine Tätigkeit.

In Step 2 wird entlang der Personaldaten, die jeweilige Einstiegsqualifikation nachgetragen. Über alle Bereiche konnten wir mit Hilfe der Analyse einen „Fehlfordernungsgrad“ von rund 50% identifizieren. Demnach war rund die Hälfte der Beschäftigten nicht gemäß ihrer „Basisqualifikation“ eingesetzt. Der Anteil der Mitarbeiter mit einer höheren Grundqualifikation zur aktuellen Anforderung war dabei nahezu gleich hoch, wie der Anteil derjenigen, die eine geringere Qualifikation als von der Tätigkeit erfordert, aufwiesen (56% Überfordert vs. 44 % Unterfordert). Die Ergebnisse aus der Analyse bilden nunmehr die Grundlage zur Erstellung der Qualifizierungspläne.

Auf den ersten Blick werden in dem System überwiegend gering qualifizierte Mitarbeiter eingesetzt, die sich gemäß den Anforderungen im System entwickeln kön-

nen.

Die Arbeiten aus Phase 3 wurden für mehrere Abteilungen im Geschäftsbereich „Handformguss“ durchgeführt. Abschließend wurden in Phase 4 die einzelnen Tätigkeiten bezüglich ihrer Vergleichbarkeit zu so genannten Jobfamilien zusammengefasst. Jobfamilien fassen vergleichbare Jobprofile zusammen. Hierdurch können über einen größeren Bereich Potentiale zur Förderung der Flexibilität durch Stellenwechsel mit vergleichbaren Anforderungen identifiziert werden (vgl. Abbildung 6)

Jobcluster	Jobfamilie	K1	K2	K3	K4	K5	K5+	Summe K1-K5
Transport/Logistik	Transport/ Stapler		14					
	Eisenfahrer		5					
	Transport/ Laden			2				
	Summe	0	19	2	0	0	0	
Anlagenbediener	Schlichte		14					
	Loramendi		3	4				
	L250		3	4				
	L40/LA65		5	6				
	L65/L65-2			6				
	Roboter				1			
	Schwarzstrahlen	3						
	Putzroboter		1	2				
	Tauchen		3					
	Summe	3	29	22	1			
Produktion	Schlichte		6					
	Füller		(24)	24				
	Zurichter				41			
	Ausleerer	6	5					
	Vorarbeiter					6		
	Entgraten	3						
	Putzen inkl Nachstrahlen	4	6	8				
	Nachputzen			3				
	Spritzen	3						
	Summe	16	17	35	41	6		

**Abbildung 6:** Jobprofile, -familien, -cluster und Kompetenzmatrix auf einen Blick

Der gesamte Bereich wurde in drei „primäre“ Jobcluster unterteilt: Transport/Logistik, Anlagenbedienung, Produktion. Hintergrund der Zuordnung war die Frage, welche Tätigkeiten grundsätzlich miteinander zu vergleichen sind. Maß der Näherungsbeziehung ist die Kennzahl der notwendigen Einarbeitungszeit in der neuen Funktion.

Die Phase 5 „Dynamische Personalplanung“ umfasst im Projekt zwei wesentliche Zielstellungen. Zum einem gilt es im Rahmen einer Altersstrukturanalyse den zukünftigen Personalbedarf zu berechnen. Dabei werden neben der „normalen Verrentung“ und dem Eintritt in die passive ATZ-Phase auch tätigkeitsspezifische Altershöchstgrenzen sowie grundsätzliche Bewegungen, wie Personalaufbau, -stagnation, -schrumpfung und Fluktuation berücksichtigt. Hierdurch gelingt es den quantitativen Ersatzbedarf zu bestimmen. Übertragen in unsere Jobmatrix wird erkennbar welche bzw. wie viele Personen in Zukunft aus dem System altersbedingt oder „leistungsbedingt“ ausscheiden werden.

Zum zweiten wird unter Berücksichtigung der strategischen Ziele (neue Produkte, neue Märkte, Investitionen in Maschinen und Anlagen etc.) der zukünftige qualitative Bedarf eingeschätzt. Im vorliegenden Fall sind umfangreiche Investitionen in einem Bereich geplant. Damit verbunden kann bereits jetzt ein hoher Bedarf an Mitarbeitern

der Kompetenzstufen K3 und K4 verortet werden. Mehr noch, durch die Integration von weiteren Aufgaben (Planung, Steuerung, präventive Wartung) sind ebenfalls weitgehende Veränderungen im Arbeitsprozess zu erwarten.

Kombiniert man die Ergebnisse aus beiden Analysen entsteht ein differenziertes Bild des zukünftigen Personalbedarfs in qualitativer und quantitativer Dimension. Im Abgleich mit den vorhandenen Kompetenzen und Erfahrungen im Personalportfolio lässt sich dann entscheiden, welche Maßnahmen zur Förderung der Qualifikation notwendig sind.

#### *4.3 Zwischenergebnisse aus dem Prozess*

Die Mitarbeiterportfolioanalyse hat zum Ziel die zumeist getrennten Informationen aus der Organisationssystematik, der Stellensystematik und der Qualifikationssystematik in einem System zu verorten. Hierfür bedienen wir uns der Methodik zur Definition von Jobclustern, Jobfamilien und Jobprofilen. Folgende Ergebnisse/Erkenntnisse wurden erzielt:

- Zwischen den zentralen Systemen der Organisations-, der Prozess-/Stellen- und der Qualifikationssystematik gibt es eine ausgeprägte Inkompatibilität,
- die Fehlforderungsquote liegt bei rund 50%,
- dabei sind Über- und Unterforderung nahezu gleichstark ausgeprägt,
- Überforderung betrifft insbesondere ältere Mitarbeiter – dies wird teilweise durch Erfahrung und berufliche Entwicklung kompensiert – allerdings könnten bei weiterem Anstieg der Anforderungen durch neue Maschinen, Anlagen und Arbeitssysteme die Grenzen der beruflichen Entwicklung erreicht werden,
- Unterforderung betrifft besonders stark die jüngeren qualifizierten Facharbeiter, die auf Stellen unterhalb ihres Qualifikationsniveaus „geparkt“ werden. Allerdings steigt das Risiko, dass dieser Personenkreis sich extern orientiert.
- Flexibilität ist zumeist nur innerhalb eines abgegrenzten Subsystems / Abteilung möglich,
- ein Großteil der Subsysteme bietet kaum fachliche Entwicklungsmöglichkeiten für die Mitarbeiter,
- über alle Subsysteme lassen sich mehrere übergeordnete Jobcluster identifizieren,
- diese könnten als Basis zur Förderung der Flexibilität genutzt werden,
- berücksichtigt man zudem die Ergebnisse aus der Belastungs- und Gefährdungsanalyse ließen sich permanente und dauerhaft einseitige Belastungen durch gezielte Rotation vermeiden und Belastungen reduzieren,
- zudem wurden mit Hilfe der Mitarbeiterportfolio und der Arbeitsprozessanalyse eine Vielzahl von Verbesserungsfeldern identifiziert, die zukünftig zu einer Reduktion besonders belastender Tätigkeiten führen können.
- Die Kommunikationsfähigkeit zwischen den „Expertensystemen“ Technik, Prozesse und Personal (Geschäftsbereichsleiter, Meister/Vorarbeiter und Personalverantwortliche) wurde verbessert. Maßgeblich hierfür ist eine gestiegene Transparenz und höhere Kompatibilität in den Datenbank- und Informationssystemen,
- geschaffen wurde eine Grundlage zur Bestimmung interner Effekte aus Verrentung, Erreichen von Altersgrenzen für spezifische Tätigkeiten und strategischen Entscheidungen der Geschäftsführung auf das Mitarbeiterportfolio in zukünftigen Perioden.

## 5. Aus der Projektpraxis: Ergonomische Gestaltung von Arbeitsplätzen

Maßnahmen zur Verbesserung der Arbeitsplatzsituation werden in Gießereien kontinuierlich vorangebracht. Trotzdem gibt es noch an zahlreichen Arbeitsplätzen Handlungsbedarf. Für eine Verbesserung der Arbeitsplatzsituation ist diese kontinuierlich zu überprüfen und dem „Stand der Technik“ anzupassen, § 4 Abs. 3 Arbeitsschutzgesetz. Im Rahmen des Projektes INDINA wird das Ziel verfolgt, einen Beitrag zu leisten, wie Arbeitsplätze innerhalb verschiedener Fertigungsbereiche in der Zukunft besser gestaltet werden können. Dabei liegt das Augenmerk auf der Minderung von Expositionen gegenüber Lärm und Vibrationen (vgl. Franzen 2009; van den Brulle 1981) sowie den Gebieten der Ergonomie (vgl. u.a. Ellegast 1998) und der Unfallprävention.

Das Institut für Gießereitechnik (IfG gGmbH) als Brancheninstitut der deutschen Gießereiindustrie berichtet auf dem Workshop über die Ergebnisse der aktuell im Rahmen von INDINA durchgeführten Studie zum Thema Ergonomie (Franzen 2010). Dabei erfolgt eine ganzheitliche Betrachtung von Belastungsfaktoren, denen sich der Beschäftigte innerhalb verschiedener Fertigungsbereiche in Gießereien ausgesetzt sehen kann. Unter Berücksichtigung der derzeit vorhandenen Arbeitsplatzsituation beinhaltet die Studie folgende Aspekte:

- den Einsatz verschiedener Instrumente zur Bewertung der vorhandenen Arbeitsplatzsituation,
- die Auswertung der Ergebnisse eingesetzter Instrumente,
- die Erarbeitung von Möglichkeiten, die zu einer Verbesserung der Arbeitsplatzsituation beitragen können.

Als ein Instrument für die Bewertung der vorhandenen Arbeitsplatzsituation wurde auf das Messsystem CUELA (Computer-Unterstützte Erfassung und Langzeit-Analyse von Belastungen des Muskel-Skelett-Systems), entwickelt vom Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung – BGIA, zurückgegriffen. Das CUELA – Messsystem erlaubte die Messung der Belastung des Muskel-Skelett-Systems unter realen Arbeitsbedingungen in den drei Projektgießereien. Im Rahmen des Vortrages werden erste Ergebnisse in Hinblick auf die Belastungssituation der Beschäftigten an Arbeitsplätzen in Gießereien vorgestellt und für einzelne Fertigungsbereiche Lösungsmöglichkeiten aufgezeigt.

## 6. Ausblick

Das Projekt INDINA (Innovativer Dialog in der Branche – Erfolgreiche Wettbewerbsstrategien mit leistungsfähigen Belegschaften durch nachhaltigen Arbeits- und Gesundheitsschutz realisieren) wird durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) und mit Mitteln des Europäischen Sozialfonds gefördert sowie durch den Projektträger Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrttechnik e.V. (DLR) innerhalb des Förderschwerpunkts "Innovationsstrategien jenseits traditionellen Managements" betreut. Der Verbund besteht aus den vier Projektbetrieben Georg Fischer GmbH & Co.KG, Roto Frank AG, Kemptener Eisengießerei, Gienanth GmbH sowie aus den Instituten ffw GmbH Gesellschaft für Personal- und Organisationsentwicklung, ArbeitsInnovation, Institut für Gießereitechnik gGmbH, H-Faktor GmbH und dem IG Metall Zweigbüro Düsseldorf im Projektbeirat und die BG Metall Nord Süd als Kooperationspartner.

Schauen Sie einfach auf unserer Homepage [www.indina.de](http://www.indina.de) vorbei oder wenden

sich bei Interesse an vertieften Ergebnissen direkt an die Verbundpartner oder die Projektleitung.

## 7. Literatur

1. Ahlers, E. 2009, Informationsblatt mit Ergebnissen zur WSI-Betriebsrätebefragung 2008/09 zu Innovationsfähigkeit, Arbeitsbedingungen und Gesundheit im Betrieb.
2. Antonovsky, A. 1997, Salutogenese. Zur Entmystifizierung der Gesundheit. Tübingen: Dgvt Verlag.
3. Bosse, N. 2006, Die Job-Family-Cluster-Organisation - eine prozess- und kompetenzorientierte Unternehmensstruktur. Im Internet verfügbar unter: <http://deposit.ddb.de/cgi-bin/dokserv?idn=979774209>.
4. Bräunig, D. & Mehnert, K. 2008, Präventionsbilanz aus theoretischer und empirischer Sicht, BGZ-Report 2/2004. Berufsgenossenschaftliche Zentrale für Sicherheit und Gesundheit.
5. David V. 2009, Mit Total Health Management, Gesundheitsaudits und Total Quality Management zur nachhaltigen Unternehmensführung in der Gießereiindustrie. In: J. Harmeier & S. Gertz (Hrsg.), Business Excellence mit dem EFQM-Modell. Kissing: Weka.
6. David V., Holm, R., Anlauff, W. & Kiel, U. 2009, Mit Total Health Management zu nachhaltig leistungsfähigen Belegschaften in der Gießereibranche. In: K. Henning, I. Leisten & F. Hees (Hrsg.), Innovationsfähigkeit stärken – Wettbewerbsfähigkeit erhalten. Aachen: Wissenschaftsverlag, S. 263-277.
7. Ellegast, R.-P. 1998, Personengebundenes Messsystem zur automatisierten Erfassung der Wirbelsäulenbelastungen bei beruflichen Tätigkeiten, BIA-Report 5/98. Bonn: hvbG.
8. European Foundation for Quality Management – EFQM 2009, Das EFQM-Modell für Excellence. Brüssel.
9. Franzen, D. 2009, Geräuschbelastungen an Gießerei Arbeitsplätzen unter Berücksichtigung der Lärm- und Vibrations- Arbeitsschutzverordnung, unveröffentlichtes Manuskript.
10. Franzen, D. 2010, Bewertung von Gießerei Arbeitsplätzen unter Einsatz aktueller Mess- und Prüfverfahren, unveröffentlichtes Manuskript.
11. Fuchs, T. 2006, Was ist gute Arbeit? Anforderungen aus der Sicht von Erwerbstätigen. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW Verlag für neue Wissenschaft.
12. Grote, G. 2007, Human Resource Management: Work process design. Im Internet verfügbar unter: [http://www.oat.ethz.ch/education/material/material\\_06\\_07/material\\_projektarbeit\\_HRM\\_06\\_07/LeitfadenProzessanalyse](http://www.oat.ethz.ch/education/material/material_06_07/material_projektarbeit_HRM_06_07/LeitfadenProzessanalyse).
13. Holm, R. & David, V. 2009, Broschüre Gesundheitsaudit, unveröffentlichtes Manuskript.
14. Hollmann, D. & Hanebuth, D. 2009, Burnout und Erholungsfähigkeit. Ergebnisse der Studie. Im Internet verfügbar unter: [http://www.bertelsmann-stiftung.de/cps/rde/xbcr/SID-1BD7E406-A162EB94/bst/xcms\\_bst\\_dms\\_29256\\_29302\\_2.pdf](http://www.bertelsmann-stiftung.de/cps/rde/xbcr/SID-1BD7E406-A162EB94/bst/xcms_bst_dms_29256_29302_2.pdf).
15. Horváth, P., Gamm, N. & Isensee, J. 2009, Einsatz der Balanced Scorecard bei der Strategieumsetzung im Betrieblichen Gesundheitsmanagement. In: B. Badura, H. Schröder & C. Vetter (Hrsg.), Fehlzeitenreport 2008. Heidelberg: Springer, S. 127-136.
16. Kiel, U. i.E., Forschungsbericht LEIKOM – Know How How To – Reihe – Methoden der dynamischen Personalplanung.
17. Matyssek, A.K. 2007, Führungsfaktor Gesundheit. So bleiben Führungskräfte und Mitarbeiter gesund. Offenbach: Gabal.
18. Molnar, M., Geißler-Gruber, B. & Haiden, C. 2009, Impuls-Test, 15. aktualisierte Auflage. Wien. Im Internet verfügbar unter: [www.impulstest.at](http://www.impulstest.at).
19. Satzer, R. & Geray, M. 2008, Stress – Psyche – Gesundheit. Das START-Verfahren zur Gefährdungsbeurteilung von Arbeitsbelastungen. Frankfurt am Main: Bund Verlag.
20. van den Brulle, P. 1981 Geräuschsituation in Gießereien, Forschungsbericht Nr. 267. Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin.



## Vorstand der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e. V.

Prof. Dr.-Ing. Gert Zülch Karlsruher Institut für Technologie (KIT) ifab - Institut für Arbeitswissenschaft und Betriebsorganisation Kaiserstraße 12, D-76128 Karlsruhe	Präsident
Prof. Dr.-Ing. Helmut Strasser Universität Siegen, FG Arbeitswissenschaft/Ergonomie FB 11 Maschinentechnik Paul-Bonatz-Straße 9-11, D-57068 Siegen	Vizepräsident I
Prof. Dr.-Ing. Ralph Bruder Technische Universität Darmstadt, Institut für Arbeitswissenschaft Petersenstraße 30, D-64287 Darmstadt	Vizepräsident II
PD Dr. Martin Schütte Leibniz-Institut für Arbeitsforschung an der TU Dortmund Ardeystr. 67, D-44139 Dortmund	Geschäftsführendes Vorstandsmitglied
Norbert Breutmann Bundesvereinigung der Deutschen Arbeitgeberverbände (BDA) Stabstelle Arbeitswissenschaft Breite Straße 29, D-10178 Berlin	
Klaus Pickshaus IG-Metall, Projekt Gute Arbeit Wilhelm-Leuschner-Straße 79, D-60329 Frankfurt/Main	
Dr. Beate Beermann Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin Friedrich-Henkel-Weg 1-25 , D-44149 Dortmund	
Prof. Dr. Heinz Schüpbach Fachhochschule Nordwestschweiz, Hochschule für Angewandte Psychologie Riggenbachstrasse 16, CH-4600 Olten	
Prof. Dr. Oliver Sträter Universität Kassel, Institut für Arbeitswissenschaft und Projektmanagement Heinrich-Plett-Straße 40, D-34109 Kassel	
Dipl.-Ing. Michael Wichtl Allgemeine Unfallversicherungsanstalt Adalbert-Stifter-Straße 65, A-1200 Wien	

---

Geschäftsstelle der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.  
Ardeystraße 67, D - 44139 Dortmund  
Telefon: +49 231 - 12 42 43  
Telefax: +49 231 – 7 21 21 54  
e-mail: [gfa@ifado.de](mailto:gfa@ifado.de)  
<http://www.gfa-online.de>



## Stichwortverzeichnis

- Absentismus 503, 553, 707, 710  
 Abwesenheitsverhalten 15, 971, 972, 973, 974  
 Accommodation 317, 320, 697  
 Acuity 689, 690  
 adaptive Assistenzsysteme 961, 963  
 adaptive Mensch-Maschine Schnittstelle 175  
 Affektbezogene Verhaltensinterferenzen 14, 937, 938  
 affektiv-assoziative Kompetenzanteile 375, 376  
 Air Traffic Management 171, 223, 226  
 Aktives Gaspedal 109  
 aktives Stellteil 157  
 Akustik 10, 156, 164, 675, 676, 679, 682  
 Akzeptanz 15, 70, 86, 102, 112, 113, 120, 184, 223, 234, 251, 330, 341, 483, 498, 595, 682, 860, 899, 900, 914, 931, 934, 949, 961, 962, 963, 964  
 Alarmmanagement 905, 906, 907, 908  
 Alarmsystem 905, 906, 907  
 Altenpflege 13, 727, 728, 762, 788, 885  
 Alter 13, 31, 96, 98, 102, 155, 163, 177, 179, 193, 205, 310, 358, 367, 368, 369, 370, 383, 384, 385, 386, 423, 428, 491, 499, 532, 534, 546, 548, 551, 558, 580, 588, 593, 618, 631, 637, 711, 724, 728, 733, 739, 741, 757, 768, 769, 797, 798, 799, 800, 801, 804, 806, 807, 810, 813, 815, 816, 817, 823, 824, 825, 839, 840, 843, 847, 849, 850, 851, 852, 853, 855, 856, 859, 862, 864, 868, 871, 872, 874, 875, 914, 924, 925, 929, 930, 932, 972  
 Altersheterogenität 12, 809, 810, 811, 812  
 Altersmanagement 32, 805  
 Alterssichtigkeit 919  
 Ambient Intelligence (Aml) 1, 67  
 Anforderungsanalyse 231, 270, 271  
 Anlernen 355, 356, 358  
 Antizipationshorizont 119, 120, 121, 122  
 Anzeigekonzepte 3, 153, 175, 177, 179, 180  
 Anzeigeort 123, 124, 176, 178  
 Arbeitsanalyse 7, 336, 338, 430, 487, 488, 539, 542, 676, 678, 750, 755, 776, 780, 831  
 Arbeitsassistentensysteme (AAS) 67  
 Arbeitsbelastung 231, 409, 490, 542, 543, 598, 634, 671, 676, 767, 853  
 Arbeitsbewertung 767, 831, 993  
 Arbeitsfähigkeit 331, 332, 333, 334, 337, 343, 367, 368, 369, 370, 456, 503, 505, 506, 750, 954  
 Arbeitsgestaltung 1, 20, 28, 53, 67, 79, 189, 191, 192, 256, 290, 310, 313, 335, 367, 368, 370, 386, 412, 467, 487, 488, 489, 530, 709, 728, 730, 736, 739, 751, 754, 755, 757, 761, 791, 792, 794, 805, 830, 838, 839, 954, 993, 996, 997, 1003, 1005  
 Arbeitsorganisation 28, 49, 274, 305, 310, 314, 333, 339, 488, 546, 548, 551, 719, 736, 751, 926, 951, 952, 1010  
 Arbeitsphysiologie 15, 530, 558, 667, 671, 734, 856, 965, 979, 982, 987  
 Arbeitsplatz 1, 8, 45, 46, 48, 58, 59, 71, 79, 96, 208, 229, 231, 232, 234, 256, 259, 261, 267, 270, 271, 307, 337, 338, 344, 370, 384, 387, 417, 428, 456, 487, 497, 498, 499, 501, 502, 503, 507, 529, 534, 559, 571, 610, 624, 631, 635, 674, 676, 677, 703, 707, 710, 719, 720, 723, 747, 750, 753, 765, 791, 805, 808, 820, 828, 830, 838, 851, 856, 890, 891, 892, 919, 920, 921, 922, 932, 941, 957, 971  
 Arbeitspolitik 331  
 Arbeitsprozessorientierung 371, 372, 373, 374  
 Arbeitsschutz 23, 26, 28, 33, 61, 67, 69, 264, 296, 313, 314, 316, 334, 349, 353, 418, 420, 501, 509, 534, 542, 545, 546, 578, 623, 625, 626, 638, 648, 652, 720, 722, 731, 734, 738, 760, 765, 804, 808, 834, 853, 885, 887, 889, 890, 892, 893, 896, 901, 904, 948, 1006, 1009, 1015, 1016  
 Arbeitssicherheit 8, 19, 216, 261, 314, 316, 509, 510, 511, 625, 652, 725, 736, 834, 885, 887, 1007, 1009  
 Arbeitssituation 58, 81, 227, 258, 335, 336, 337, 350, 367, 524, 529, 552, 605, 775, 778, 779, 939  
 Arbeitssystem 20, 69, 232, 233, 405, 555, 556, 617, 802, 835  
 Arbeitstherapie 747  
 Arbeitsumwelt 257, 258, 305, 306, 307  
 arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse 40, 136, 993

- Arbeitszeit 6, 10, 24, 58, 59, 200, 202, 267, 269, 279, 280, 293, 409, 410, 411, 412, 413, 414, 415, 417, 418, 419, 420, 421, 422, 423, 429, 430, 432, 487, 493, 536, 542, 551, 555, 557, 558, 575, 588, 602, 639, 641, 642, 644, 645, 646, 647, 648, 649, 652, 653, 654, 655, 656, 664, 665, 704, 705, 739, 752, 768, 773, 774, 775, 776, 777, 778, 779, 972, 1005
- Arbeitszufriedenheit 49, 79, 80, 274, 336, 337, 421, 422, 423, 424, 426, 503, 527, 529, 539, 542, 552, 553, 554, 571, 616, 675, 704, 767, 849, 941
- Ärzte 67, 329, 330, 409, 774, 775, 776, 777, 778, 779, 780
- Assistenz 57, 58, 59, 109, 120, 122, 153, 157, 165, 867, 963, 964
- Ästhetik 3, 93, 96, 195, 196, 197, 200, 201, 257, 258, 259, 260
- Audit Practice 457, 459
- Aufmerksamkeit 37, 67, 72, 74, 97, 132, 162, 173, 228, 249, 379, 393, 454, 494, 520, 580, 596, 604, 663, 746, 751, 774, 962
- Augmented Reality 61, 64
- Ausdauertraining 983, 984, 986
- Automatisierung 171, 172, 900, 923, 964
- Automobilmontage 801, 804, 827, 831, 953
- Baustellen 270, 623, 625, 832
- Bauwirtschaft 293, 723, 725
- Beanspruchung 5, 9, 10, 27, 57, 65, 97, 100, 175, 227, 231, 343, 350, 352, 401, 427, 527, 528, 529, 530, 535, 551, 553, 555, 558, 595, 598, 599, 602, 603, 605, 608, 609, 618, 619, 638, 659, 660, 662, 663, 664, 665, 668, 670, 671, 673, 703, 752, 764, 775, 778, 806, 854, 869, 896, 980, 1004
- Beanspruchungsindikatoren 601
- Bedien-Anzeige-Konzept 2, 127, 130
- Bedienort 123, 124
- Behavior Modeling 797, 798
- Behavioural Realism Paradigm 139
- Beinmuskulatur 261, 262, 264
- Belastung 8, 9, 11, 12, 13, 19, 23, 26, 27, 30, 40, 62, 64, 75, 89, 124, 125, 177, 178, 191, 194, 234, 261, 262, 269, 314, 315, 337, 343, 344, 345, 346, 349, 350, 351, 352, 353, 401, 404, 417, 430, 431, 469, 487, 488, 489, 492, 501, 520, 521, 527, 528, 530, 532, 534, 539, 540, 542, 543, 544, 546, 547, 548, 549, 551, 555, 556, 575, 577, 591, 592, 595, 617, 618, 627, 628, 629, 630, 635, 659, 666, 667, 674, 683, 704, 707, 708, 709, 710, 714, 721, 723, 724, 727, 728, 729, 730, 731, 732, 735, 737, 738, 749, 751, 752, 753, 754, 755, 757, 758, 759, 760, 767, 767, 768, 772, 775, 776, 777, 780, 787, 788, 790, 791, 792, 801, 802, 803, 804, 806, 807, 808, 819, 820, 823, 826, 835, 837, 853, 854, 855, 856, 885, 895, 899, 923, 963, 969, 982, 983, 995, 1005, 1006, 1007, 1008, 1009, 1010, 1014, 1015
- Belastung und Beanspruchung 5, 64, 234, 349, 350, 351, 404, 527, 780, 823, 1005
- Belastungsbewertung 791, 805
- Belastungserprobung 747
- Benchmarking 5, 8, 339, 340, 342, 505, 506, 508, 509, 510, 511, 885
- Benutzbarkeit 127, 228, 407, 408, 847, 867, 962
- Benutzerakzeptanz 71, 911
- benutzergenerierte Optionsangebote 961
- Benutzerstudie 71, 243, 244
- berufliche Rehabilitation 11, 701, 743
- berufliche Wiedereingliederung 744, 745, 747, 750
- Berufsbegleitende Hochschulweiterbildung 371
- Berufsfeldfindung 747
- Beschäftigungsfähigkeit 5, 31, 40, 41, 86, 189, 275, 277, 281, 324, 331, 332, 333, 334, 335, 358, 370, 384, 386, 420, 452, 455, 508, 666, 670, 722, 734, 753, 763, 822, 843, 922, 930, 1010
- Beschwerdemanagement 567, 568, 571
- Beteiligung 15, 40, 101, 223, 273, 275, 276, 333, 334, 471, 489, 492, 531, 567, 747, 887, 993, 1003, 1005, 1007
- Betriebliches Gesundheitsmanagement 8, 497, 498, 500, 508, 513, 515
- Betriebsrat 487, 534, 804, 995, 1004, 1007
- Bewegung 739, 831, 945
- Bildschirmarbeit 256, 679, 705, 707, 709, 719, 720, 721, 919
- Bildungserträge 379
- Bildungsmaßnahmen 6, 11, 338, 370, 379, 381, 382, 743, 744, 745, 746
- Bildungsökonomie 379

- Biomechanik 24, 28, 89, 518, 727, 787  
 Bitflow 517, 519, 520  
 Blended Learning 14, 373, 374, 913  
 Blickverhalten 113, 123, 125, 321, 630, 627, 917  
 Blutdruckmessung 527, 530  
 Bodenmatten 4, 261, 262, 264  
 Burnout, 425, 535, 587, 591, 592, 594, 605, 809, 971  
 Büro 1, 45, 48, 49, 52, 69, 257, 675, 678, 679, 680, 681, 682  
 Call Center 554, 583, 584, 586, 812  
 Chaku Chaku- Montagesystem 801, 935  
 Change Management 363, 366, 454  
 Chemnitzer Altersdatenbank 839, 840, 841  
 Chemnitzer Altersmodell 13, 839, 840, 842  
 chronischer Rückenschmerz 715, 716, 717, 718  
 CISM 8, 563, 564, 565, 566  
 Clipsverbindungen 11, 739  
 CNC-Maschine 14, 923, 924, 926  
 Cognitive Couplings 401, 403, 404  
 colour association 877, 878, 880  
 Conduct-by-Wire 3, 153, 156, 161, 162, 164  
 Corporate Social Responsibility 37, 38, 39, 41, 460  
 Cortisol 10, 683, 685, 686, 687  
 CSCW 301  
 culture 424, 434, 435, 877, 878, 879, 880, 881, 882, 883, 884, 904  
 curves 143  
 Datenbrillen 1, 61  
 Demografischer Wandel 13, 383, 386, 487, 723, 801, 808, 819, 827, 839, 845, 848, 870  
 Depressivität 605, 606, 607, 608  
 Design 4, 7, 10, 13, 27, 56, 64, 71, 107, 127, 128, 163, 169, 188, 197, 206, 210, 217, 227, 228, 229, 230, 234, 235, 236, 238, 253, 254, 255, 256, 259, 260, 262, 301, 302, 303, 304, 343, 379, 403, 404, 433, 434, 436, 445, 446, 448, 457, 465, 473, 517, 518, 520, 546, 552, 556, 580, 596, 630, 636, 649, 651, 652, 682, 734, 742, 763, 768, 769, 776, 826, 845, 847, 848, 857, 863, 865, 876, 894, 900, 902, 908, 909, 910, 911, 931, 940, 950, 952, 955  
 design for sustainability 7, 433, 435, 436  
 Design Guide 227, 228, 229  
 Designansätze 235, 237  
 DFS 3, 4, 215, 216, 217, 219, 220, 221, 223, 225, 226, 227, 228, 229, 230, 231, 233, 563, 566  
 DGB-Index 11, 710, 751, 752, 753, 754, 755  
 Dienstleistung 1, 5, 12, 13, 67, 68, 70, 211, 293, 327, 328, 339, 340, 342, 429, 430, 431, 515, 539, 540, 542, 543, 545, 547, 548, 559, 567, 568, 572, 573, 583, 591, 601, 652, 752, 761, 762, 810, 830, 867, 1005  
 Digital Identity 181  
 Digitale Fabrik 19, 28  
 digitale Menschmodelle 19, 20, 135  
 disassembly 7, 445, 446, 447  
 Diskomfortwerte 115  
 Dissemination 513, 516, 1002  
 Diversity 309, 310, 311, 312, 384, 386, 790, 849, 852  
 Diversity-Management 309  
 Doppelhandschuh-Indikatorsystem 987, 988, 989, 990  
 driving 2, 100, 126, 134, 143, 144, 145, 442, 459, 900  
 Dynamische Komfortmessung 93  
 E-Book-Reader 14, 931, 933, 934  
 Effizienz 14, 46, 52, 119, 122, 156, 172, 221, 222, 245, 276, 296, 341, 379, 381, 392, 483, 484, 485, 517, 580, 661, 827, 835, 897, 898, 899, 900, 902, 928, 945, 946, 949  
 Effort-Reward-(Im)Balance 15, 967  
 Eigenverantwortung 497, 570, 720, 885  
 Ein- und Ausstieg 2, 89, 90, 92  
 einfache Arbeit 387  
 Eingliederungsqualität 743  
 Eingliederungsquote 743  
 Einzelhandel 8, 539, 541, 542, 546, 551, 552, 554  
 e-Learning 797, 798  
 emotionale Dissonanz 535, 537, 538, 583, 587, 778, 779, 971

- emotionale Erschöpfung 538, 559, 561, 562, 587, 589, 590, 593, 594, 603, 605, 607, 608, 777, 778, 779, 780, 973, 974
- Emotionsarbeit 9, 536, 539, 543, 545, 583, 587, 588, 589, 971, 972, 974
- Emotionsregulation 12, 539, 777, 778, 780
- Erfahrungswissen 6, 34, 200, 228, 275, 298, 299, 386, 387, 388, 389, 390, 484, 852
- Ergonomie 4, 5, 7, 13, 15, 26, 27, 28, 30, 31, 32, 41, 42, 64, 78, 96, 104, 105, 108, 109, 115, 118, 119, 122, 123, 126, 127, 135, 142, 150, 157, 158, 180, 188, 206, 230, 247, 253, 254, 255, 256, 257, 260, 261, 264, 268, 269, 271, 272, 274, 301, 308, 313, 317, 320, 321, 330, 358, 366, 405, 408, 412, 420, 433, 434, 435, 436, 437, 438, 440, 445, 446, 447, 448, 449, 450, 452, 457, 461, 467, 474, 498, 499, 517, 518, 520, 542, 558, 613, 614, 635, 636, 638, 649, 662, 663, 666, 670, 670, 678, 682, 693, 700, 710, 714, 722, 725, 730, 731, 742, 781, 790, 792, 793, 794, 804, 813, 822, 823, 826, 834, 835, 836, 837, 838, 842, 843, 859, 862, 863, 866, 870, 877, 892, 893, 894, 896, 897, 898, 900, 901, 902, 903, 904, 917, 923, 930, 944, 945, 952, 960, 964, 979, 982, 993, 997, 999, 1000, 1001, 1002, 1003, 1008, 1015
- Ergospirometrie 979
- Erholung 12, 39, 307, 421, 422, 423, 424, 493, 528, 684, 773, 775, 776
- Erlernen von Fremdsprachen 391
- Ermüdung 100, 186, 261, 262, 542, 552, 636, 773, 774, 775, 776, 804
- exekutive Funktionen 983
- Experteninterviews 429, 430, 431, 432, 541, 763
- explanatory model 881, 883, 884
- eye 10, 143, 144, 145, 317, 318, 319, 320, 401, 402, 689, 690, 691, 693, 694, 695, 696, 697, 698, 699, 700, 871
- Eye-Tracking 321, 324, 913, 914, 916, 917
- Fahrerakzeptanz 109
- Fahrerassistenzsystem 2, 96, 101, 104, 109, 113, 122, 127, 134, 153, 156, 157, 160, 161, 162, 164, 169, 898, 900, 964
- Fahrgeschwindigkeit 111, 119, 120, 153, 155
- Fahrsimulation 2, 139, 142, 163
- Fahrzeug 2, 3, 21, 27, 93, 94, 95, 96, 102, 103, 106, 108, 115, 127, 128, 131, 132, 133, 140, 148, 153, 154, 156, 157, 158, 159, 161, 162, 165, 166, 167, 168, 216, 321, 961, 962, 963
- Fahrzeugnavigationssystem 961
- fall from height 461, 464
- Fehler 46, 104, 134, 150, 155, 156, 172, 182, 204, 206, 217, 220, 221, 293, 294, 295, 296, 385, 486, 517, 536, 570, 571, 581, 596, 597, 629, 680, 771, 793, 794, 849, 937, 938, 939, 940, 958, 959
- Fehlerdetektion 203, 204
- Fehlerkultur 293, 295, 296, 764
- Fehlzeiten 332, 381, 494, 498, 500, 508, 546, 575, 576, 577, 578, 601, 602, 603, 605, 757
- Feuerwehr 660, 893, 894, 896
- Flexibilisierung 277, 281, 297, 298, 299, 303, 331, 372, 373, 374, 412, 491, 543, 551, 649
- Flexibilität 5, 40, 50, 124, 127, 195, 222, 277, 278, 279, 280, 281, 297, 298, 299, 300, 301, 332, 338, 371, 374, 383, 431, 432, 492, 493, 601, 623, 654, 739, 852, 983, 1013, 1014
- Flexible manufacturing systems, 475
- Flugsicherung 4, 215, 219, 220, 223, 225, 227, 228, 229, 231, 234, 563, 564, 565, 566
- Führung 1, 50, 53, 54, 55, 56, 276, 284, 289, 291, 385, 471, 492, 502, 503, 539, 541, 544, 547, 548, 549, 550, 710, 736, 762, 812, 967, 968, 969, 970, 1007, 1008, 1009, 1016
- Ganzheitliche Produktionssysteme 273, 275, 490, 804, 953
- Ganzheitliches betriebliches Gesundheitsmanagement 1003
- Gebrauchstauglichkeit 13, 70, 518, 863, 889, 893, 894, 896, 897, 901, 903, 904, 923, 930, 949, 950, 952, 964
- Gefährdungsbeurteilung 9, 10, 26, 313, 314, 315, 490, 539, 540, 542, 543, 544, 623, 624, 625, 626, 641, 644, 645, 648, 653, 656, 727, 737, 776, 836, 888, 892, 896, 1005, 1009, 1016
- geforderte Impulskontrolle 535, 538
- Geigenspiel 6, 395
- geistige Leistungsfähigkeit 15, 983, 986
- Gelenkbeschwerden 8, 531, 532, 534, 664
- Gelenkmoment 635, 636, 637



Geruch	631	Haptik	107, 125, 165
Geschlecht	50, 96, 98, 102, 206, 259, 310, 358, 491, 532, 534, 546, 588, 593, 618, 619, 663, 732, 733, 769, 771, 810, 850, 852, 972	haptische Interaktion	157, 165
Gestaltungskompetenz	487	haptisches Touchpad	123
Gestaltungskonzepte	3, 29, 151, 195, 454, 455, 518	Harnblasenkarzinom	15, 975, 976, 978
Gestaltungsprozess	135, 227, 229, 230, 863	Head Mounted Displays	61, 64
Gesundheit	5, 6, 8, 15, 19, 29, 30, 53, 61, 68, 69, 208, 256, 264, 274, 305, 331, 332, 333, 334, 337, 343, 344, 345, 346, 347, 349, 350, 352, 353, 367, 417, 418, 420, 421, 422, 423, 424, 425, 490, 494, 497, 498, 500, 501, 503, 505, 506, 509, 510, 511, 523, 524, 527, 539, 542, 543, 546, 547, 550, 552, 553, 559, 578, 590, 641, 646, 652, 675, 707, 708, 710, 719, 720, 723, 724, 726, 738, 761, 764, 765, 773, 778, 781, 812, 834, 835, 885, 967, 983, 986, 1008, 1009, 1016	Heliosity-Leuchte	71, 73
Gesundheitsförderung	30, 296, 333, 343, 487, 497, 498, 499, 500, 501, 509, 513, 514, 516, 524, 531, 534, 546, 550, 623, 624, 625, 626, 764, 790	Herzschlagfrequenz	596, 671, 672, 673, 674, 895, 984
Gesundheitsgerechte Führung	1003, 1009	Hilfeinformation	105, 106
Gesundheitsmanagement	7, 40, 300, 495, 497, 498, 499, 500, 501, 502, 505, 506, 507, 531, 547, 559, 562, 710, 1003, 1004, 1005, 1006, 1007, 1009, 1016	Hitze	10, 533, 667, 668, 670, 895
Gesundheitsorientierung	8, 523, 524, 525	human computer interaction	881
Gleitsichtbrille	919, 921	Human Error	3, 6, 188, 217, 219, 220, 221, 222, 227, 230, 401, 630, 940
globale Teams	83	human factors	247, 437, 440, 448, 449, 866, 871, 892
Globale und virtuelle Kooperation	75	Human Factors Case	4, 223, 224, 226
Globalization	449	human-centered design	235, 236, 238
GPS	273, 274, 488	Humankapital	7, 38, 379, 382, 453, 454, 455, 456
Greifräume	823, 824, 825	Human-Machine-Interface	227, 231, 233
Grubenwehr	671, 672, 673, 674	Humanressourcen	40, 297, 453, 455, 456, 808
Gurttragekomfort	115, 116, 118	Hygiene	414, 781, 785
Gute Arbeit	7, 15, 418, 420, 487, 488, 489, 710, 751, 752, 754, 755, 993	Ideenwettbewerbe	211, 213
Handel	539, 542, 979	Implementierungsforschung	513
Handlungskompetenz	6, 340, 341, 367, 368, 369, 370, 375, 390	Individualisierung	4, 29, 30, 181, 249, 250, 251, 252, 372, 373, 405
Handmaschinen	853, 856	Industrial Engineering	7, 188, 206, 265, 266, 314, 363, 366, 467, 470, 471, 472, 473, 474, 742, 793, 804
Handwerk	623, 625, 626, 923	Infektionsschutz	667, 671, 987, 990
		Information Overload	239
		Informationstechnologie	53, 57, 61, 307, 709, 813
		Innovation	45, 75, 79, 80, 82, 127, 143, 189, 190, 202, 208, 210, 211, 214, 275, 287, 304, 317, 333, 374, 382, 385, 389, 390, 473, 523, 547, 548, 550, 626, 689, 693, 697, 809, 810, 870
		Innovationscommunities	194, 211, 212, 213
		Integrierte Gerontologie	13, 845, 846, 847, 848

Interaktion	2, 20, 26, 35, 67, 83, 84, 86, 105, 108, 113, 124, 129, 130, 149, 154, 158, 161, 162, 165, 181, 230, 231, 235, 239, 240, 246, 247, 259, 303, 321, 363, 367, 368, 514, 520, 561, 583, 584, 586, 588, 591, 594, 627, 632, 769, 777, 810, 817, 823, 848, 860, 867, 889, 890, 892, 897, 898, 901, 929, 937, 938, 949, 952, 957, 970, 973
intercultural usability engineering	881, 882, 884
Interdisciplinary methods	613
interdisziplinäre Kooperation	305
Interdisziplinäre Teams	301
Interface	137, 166, 167, 176, 217, 230, 244, 246, 247, 249, 250, 251, 256, 865, 881
Interkulturalität	363
Interkulturelle Kommunikation	359
interkulturelles Management	363
Internationale Usability	901
Intervention	85, 383, 498, 505, 523, 526, 565, 609, 611, 612, 644, 716, 984, 985, 986
Intuitives Eingabegerät	243
IT-Tools	83, 84
IuK-Qualität	49, 52
Job satisfaction	613, 614
Job-Demand-Control-Modell	367
Joy of Use	243, 245, 897, 914, 915, 916, 917
Kälte	10, 15, 660, 662, 663, 664, 665, 666, 667, 670, 895, 979, 980
Kältarbeit	10, 663, 664, 665, 666, 979
Karolinska Sleepiness Scale	97, 98, 645
Kinder	13, 31, 391, 859, 860, 863, 864, 865, 866
Klangqualität	395
Klima	69, 259, 306, 307, 456, 544, 556, 559, 560, 561, 617, 659, 668, 674, 853, 854, 856, 896, 942, 943, 944
KMU	3, 192, 193, 207, 208, 209, 210, 280, 309, 312, 316, 334, 412, 483, 484, 485, 723
Kniesgelenksarthrose	11, 731, 732, 734
Kognition	3, 172, 185, 355
Kognitive Automation	185
kognitive Defizite	867
kognitive Ergonomie	579
kognitive Kontrolldefizite	535, 536, 537, 606, 971, 972, 973
Kollaborative Arbeit	305, 307
kollaborative offene Innovationen	207
Kommunikations-Management	57
Kompetenz	5, 6, 34, 36, 189, 193, 275, 291, 292, 296, 298, 331, 359, 365, 369, 370, 371, 375, 377, 393, 586, 774, 1009
Kontinuierlicher Verbesserungsprozess	283, 365
Kontrollspielräume	9, 587, 588, 589
Kooperative Automation	165, 169
Körperhaltungen	28, 229, 426, 637, 719, 727, 751, 752, 759, 762, 803, 806, 823, 824, 826, 832, 833, 834, 859
Körpertemperatur	666, 671, 672, 673, 674
Kosten-Nutzen-Analysen	379
Kraftmodellierung	635, 636
Krankenhausorganisation	409
Krankenpflege	762, 767, 772
Krankenstände	343, 344
kritische Ereignisse	563, 565, 566
Kultur	81, 177, 192, 199, 207, 275, 293, 295, 329, 355, 359, 364, 366, 562, 564
Kulturelle Anpassung	359, 362
kulturelle Diversität	75
Kundenbetreuer	617, 618, 619
Kundenbezogene soziale Stressoren,	591
Kundenkontakt	431, 543, 545, 583, 593
KVP	273, 274, 275, 276, 283, 284, 286, 287, 296, 365, 366, 469
Ladungssicherung	909, 912
Lange Arbeitszeiten	417, 420, 578
Längsschnitt	335, 514, 561
Lärm	228, 352, 502, 532, 543, 544, 556, 617, 631, 675, 679, 685, 854, 856, 1015, 1016
Lästigkeit	9, 631, 632, 633, 634
Lastverteilungsplan	909, 910, 912
Latente Mediator- und Moderatoranalysen	535
Latente Moderatoranalysen	587, 971
learning	108, 386, 433, 434, 435, 437, 439, 440, 444, 451, 486, 562, 573, 699, 700, 800, 835, 871, 872, 875, 1000, 1001

- Lebenslanges Lernen 6, 375, 383, 386, 387, 390  
 Lebenssinn 413, 414  
 Lebenszeit 6, 413, 414, 415, 493  
 Lehrer 561, 562, 564, 592, 967, 968, 969, 970  
 Leistungsabstimmung 819, 820, 822  
 Leistungsfähigkeit 6, 45, 54, 58, 61, 68, 154, 156, 175, 274, 276, 305, 332, 334, 335, 339, 352, 367, 368, 371, 380, 382, 383, 421, 422, 423, 424, 491, 492, 497, 499, 506, 507, 584, 590, 665, 675, 676, 677, 679, 719, 747, 748, 749, 750, 761, 764, 773, 797, 801, 805, 819, 820, 822, 835, 840, 853, 867, 945, 983, 984, 985, 1003  
 Leistungsgewandelte Mitarbeiter (LGW) 265  
 Leistungsmotivation 849  
 Leistungspolitik 7, 202, 491, 492, 493, 494  
 Leitzentrale 14, 595, 613, 941, 942, 943, 944  
 Lenkbewegung 141, 142, 147, 148, 150  
 lens 10, 144, 317, 689, 692, 693, 694, 695, 696, 697  
 lenses 689, 690, 692, 693, 694, 695, 696  
 Lernassistenz 405  
 Lernen 31, 40, 71, 72, 191, 209, 273, 286, 293, 296, 338, 342, 367, 368, 373, 374, 379, 383, 384, 385, 390, 392, 405, 456, 509, 567, 568, 573, 704, 797, 800, 864, 898, 913  
 Lernmedien 405, 406  
 Lernplattform 846, 913, 914, 917  
 Lockout/tagout 475, 478, 482  
 Look-Around 61  
 Marketing 4, 253, 255, 311, 794  
 Maschinensicherheit 135  
 medizinisch-berufsorientierte Rehabilitation (MBO®) 757  
 menschliche Zuverlässigkeit 937, 938  
 Mensch-Maschine-Interaktion 8, 168, 224, 233, 517, 518, 519, 897, 957  
 Mensch-Maschine-Schnittstelle 127, 135, 161, 174, 203, 206, 217, 226, 406, 518  
 Mensch-Maschine-System 135, 156, 164, 166, 520, 884, 890, 898, 923, 924, 957, 964  
 Menschmodelle 19, 20, 21, 24, 25, 27, 28, 89, 90, 92, 135, 136, 272, 635  
 Mensch-Rechner-Interaktion 813, 826  
 Mensch-Roboter-Kooperation 14, 203, 945, 948  
 mentale Belastung 178, 627, 628  
 Messeigenschaften 631, 632, 634, 768, 772  
 Meta-Analyse 715, 716, 717  
 Migration 349, 353  
 Mikrosystemtechnik 68, 371  
 Mikrotechnologie 371  
 Mitarbeitergesundheit 296, 507, 559, 560, 562  
 Mitarbeiterportfolioanalyse 1003, 1010, 1011, 1012, 1014  
 Mitarbeiterzufriedenheit 286, 328, 500, 675, 767, 772  
 MMI 122, 123, 165, 898  
 mobile Arbeit 53, 55  
 Mobile Networking 181  
 Modell 20, 31, 38, 39, 55, 56, 75, 76, 78, 82, 86, 89, 90, 91, 106, 118, 185, 189, 204, 227, 233, 280, 289, 290, 364, 375, 380, 410, 420, 505, 506, 514, 530, 532, 552, 555, 560, 580, 587, 589, 593, 616, 633, 642, 659, 728, 732, 733, 763, 768, 798, 799, 815, 816, 849, 850, 941, 942, 949, 950, 952, 959, 970, 995, 1003, 1004, 1005, 1006, 1007, 1016  
 Moderatoreffekt 601, 603, 967, 969  
 moderne Arbeitswelt 193, 207, 208, 543  
 Monitor 45, 47, 48, 156, 203, 712, 814, 921  
 Montage 12, 61, 185, 203, 204, 205, 256, 268, 315, 355, 356, 358, 390, 473, 489, 490, 532, 623, 739, 801, 802, 803, 806, 819, 827, 830, 953, 954, 982  
 Motivation 4, 53, 54, 55, 80, 81, 84, 85, 86, 97, 101, 105, 132, 172, 178, 276, 283, 285, 287, 305, 306, 327, 329, 331, 336, 363, 365, 367, 369, 381, 385, 407, 455, 499, 502, 636, 664, 707, 720, 761, 763, 835, 839, 897, 898, 927  
 motorische Defizite 867  
 MSD Prevention 441, 444  
 MTM 7, 22, 26, 185, 186, 313, 314, 315, 316, 355, 467, 468, 469, 470, 740, 742, 791, 792, 794, 803, 835, 836, 837, 838, 993  
 Müdigkeit 71, 97, 98, 99, 100, 549, 648, 773, 775  
 Multitasking 57, 58, 414

Muskelkraft	499, 635, 666	573, 761, 762, 763, 764, 765, 767, 885, 1007
Muskel-Skelett-System	11, 534, 635, 638, 703, 706, 707, 708, 709, 710, 723, 724, 726, 727, 735, 738, 757, 758, 760, 804, 805, 806, 808, 920, 1015	Pflegeleitbild 567, 568, 569, 571
Muskuläre Belastung	711	Pflegetätigkeiten 727, 730, 787, 790
muskuloskelettale Beschwerden	6, 425, 427, 428, 719, 807, 919	Physiotherapie 715, 717, 718, 747
Nachhaltigkeit	1, 5, 29, 30, 31, 37, 38, 39, 40, 41, 127, 190, 212, 236, 239, 255, 273, 275, 311, 312, 325, 328, 372, 374, 456, 467, 500, 501, 822, 863, 996	Physische Belastung 757
nächtliche Lärmbelastung	683	Planungsprozess 4, 5, 19, 265, 266, 313, 315
Nadelstichverletzungen	987	Pointing Device 11, 711, 712, 713, 714
National Occupational Classification	441	Politikberatung 1, 33, 34, 35, 36
Netzwerke	79, 80, 81, 82, 184, 192, 207, 353, 723, 725, 726, 735, 737, 839, 914	Prädiktionsmodelle 8, 531, 532, 641
nichtstationäre Arbeitsplätze	9, 623, 624, 625, 626	Präsentismus 11, 503, 707, 708, 709, 710
Niedergeschlagenheit	8, 352, 531, 532, 533, 534	Prävention 11, 32, 100, 189, 297, 498, 499, 500, 501, 554, 559, 626, 701, 705, 710, 718, 719, 722, 723, 724, 725, 726, 727, 731, 735, 736, 737, 754, 787, 790, 845, 856, 885, 909, 1004
Oberkörperbewegung	139	Präventionsmaßnahmen 710, 723, 727, 735, 787, 790
Ökologie	109	Predicted Mean Vote (PMV) 941
Online Lehrkonzept	845	Predicted Percentage of Dissatisfied (PPD) 941
Open Innovation	194, 210, 211, 214	presbyopia 693
optische Anzeigesysteme	135	Priming Paradigma 147, 150
optometer	317, 318, 319, 320, 697, 698	Production cost 475
organisationale Kompetenz	289, 290	Produktentstehungsprozess 471, 473, 845
organisationale und arbeitsbezogene Ressourcen	559	Produktentwicklungsprozess 253, 255, 864
Organisationsbindung	9, 601, 602, 603	Montagezeit 739
Partizipation	82, 86, 208, 210, 489, 623	Produktionssystem 274, 327, 490, 953, 955
Passive redundancy	475	Produktionstätigkeiten 735
Pausenmanagement	12, 773, 774, 775	Produktivität 5, 32, 45, 46, 47, 48, 52, 61, 86, 222, 276, 281, 298, 324, 328, 332, 343, 344, 345, 346, 347, 358, 370, 381, 420, 452, 467, 474, 507, 508, 666, 670, 707, 734, 804, 808, 819, 820, 822, 827, 830, 843, 849, 900, 922, 930, 946
PC-Arbeit	11, 703, 711, 714, 719, 720	Produktprüfung 893
Peer Model	563, 564	Professional profile 999
Performance Variabilität	3, 219, 221, 222	progressive addition lenses 689, 693
Personal- und Organisationsentwicklung	194, 289, 547, 567, 572, 573, 1015	Prokrastination 9, 609, 610, 612
Personaleinsatzplanung	409, 652, 820	prospektive Arbeitsgestaltung 19
Personalisierung	249, 250, 252	Prozessführung 108, 905
Personalstand	9, 575, 576, 577, 578	Prozesskoordinatoren 471, 473, 474
Persönliche Schutzausrüstung	893, 894	Prozessmanagement 483, 486, 801, 953
Pflege	329, 342, 546, 569, 570, 571, 572,	Prozessmodellierung 483, 484

- Prozessoptimierung 86, 315, 327, 412, 518, 520
- Prozessorientierung 5, 327, 328, 471, 473, 474
- Prozess-Performance 49, 52
- psychische Beanspruchung 536, 546, 595, 596, 597, 617
- psychische Belastung 490, 492, 547, 595, 707, 905, 1004
- Psychomentale Belastung 527
- psychosomatische Beschwerden 591, 592, 593, 602
- psychosoziale Arbeitsbelastung 761
- psychosoziale Belastung 543, 751
- Psychosoziales Sicherheitsklima 8, 559, 560
- Qualitätsmanagement 9, 330, 567, 573
- quality system 445, 447
- Ratingskalen 9, 631
- Raumästhetik 4, 257, 258, 259, 260
- Reaktionszeiten 147, 579, 958, 959, 985
- rechnerunterstützte Arbeitsplatzgestaltung 19
- recycling 445, 447
- refraction 689, 690, 691, 694
- Rehabilitation 11, 122, 339, 340, 341, 722, 724, 725, 743, 744, 747, 748, 750, 751, 754, 755, 757
- Repetitive Strain Injuries 703, 706, 719, 722
- resilience 401, 437, 438, 439
- Ressourcen 29, 33, 36, 38, 40, 41, 53, 55, 57, 75, 76, 82, 106, 124, 183, 191, 208, 209, 223, 225, 226, 284, 297, 298, 299, 307, 327, 328, 349, 351, 352, 353, 415, 492, 493, 494, 513, 518, 548, 549, 559, 560, 561, 562, 566, 573, 587, 594, 605, 720, 776, 778, 791, 792, 800, 897, 957, 1004, 1005, 1007
- Ressourcenmanagement 5, 297, 298, 299
- risk assessment 461, 462
- Rollführung 3, 171, 173, 174
- Rücken- und Nackenschmerzen 425, 427, 715
- Rückzugskraft 115, 116, 117, 118
- Safe design 461
- Safety Management 3, 7, 215, 216, 218, 437, 438
- Schadensbilder 731, 732, 733, 734
- Schichtarbeit 346, 417, 418, 431, 641, 644, 645, 649, 652, 653, 655, 773
- Schichtplanung 10, 649
- Schmerzchronifizierung 703, 704
- Schnittstellenproblematik 567, 568, 570, 571, 572
- Schreiben 859, 860, 865
- Schutzkleidung 10, 659, 660, 661, 662, 671, 674, 893, 895, 896
- Screening 12, 13, 78, 488, 804, 805, 808, 839, 841, 842, 885, 890
- Selbstkontrolle 9, 538, 590, 601, 602, 603, 604, 605, 606, 607, 608
- Selbstoptimierung 185
- Sicherheit 14, 28, 50, 53, 69, 96, 109, 113, 115, 127, 134, 156, 160, 161, 164, 176, 196, 198, 199, 216, 218, 221, 222, 227, 253, 338, 353, 407, 408, 413, 518, 544, 556, 559, 578, 627, 738, 836, 853, 885, 900, 937, 938, 945, 946, 964, 1016
- Sicherheitsgurt 115
- Simulation 3, 20, 26, 27, 28, 64, 92, 138, 142, 162, 185, 186, 187, 188, 244, 358, 412, 430, 432, 629, 684, 814, 819, 820, 821, 822, 826, 831, 890, 892
- Single Nucleotide Polymorphism rs710521[A] 975, 976
- Situationsbewusstsein 126, 173, 175, 176, 179
- Sitzkomfort 2, 93, 94, 96
- Social Compliance 457, 458, 460
- Software 211, 212, 214, 485, 949, 951
- Soziolinguistik 301
- Sprachausgabe 105, 106, 107, 108
- Sprachverständlichkeit 10, 675, 679, 680, 681, 682
- Spurwechsellaufgabe 2, 139, 140, 142, 147, 148, 150
- Stabilität 277, 297, 298, 300, 494, 631, 633, 743
- Stakeholder-Orientierung 37
- Standard 21, 23, 176, 226, 230, 271, 272, 297, 566, 671, 672, 673, 711, 712, 713, 714, 835, 949
- Standardisierung 297, 330, 337, 370, 791, 793, 941, 976



- Statische Komfortmessung 93
- steel fixers 441, 444
- Störungen 57, 58, 81, 218, 232, 277, 297, 298, 299, 425, 426, 530, 531, 534, 595, 596, 617, 618, 722, 773, 774, 867, 1011
- Strain 9, 11, 401, 613, 614, 668, 700, 703, 722
- Stress 8, 9, 57, 293, 295, 344, 346, 352, 359, 362, 367, 370, 402, 403, 426, 428, 429, 490, 502, 538, 546, 550, 552, 558, 559, 560, 562, 563, 564, 566, 583, 585, 591, 592, 595, 604, 608, 613, 614, 773, 776, 804, 974, 983, 1007, 1009, 1016
- Stressmanagement-Intervention 8, 523, 524
- Strooptest 983, 985
- Strukturelle Führung 53, 54
- Strukturierung 135, 210, 280, 303, 314, 364, 373, 609, 611, 837
- Strukturtypen 1, 75, 76, 77, 78
- Subjektive Beurteilung 663, 665
- subjektive Einschätzung 13, 263, 853
- subjektive Schlafqualität 683, 685, 686
- sustainability management system 437, 438, 439
- sustainable development 434, 437, 440, 445, 449
- sustainable solutions 433, 434
- sustainable wellbeing 433, 434, 435
- System der Begabtenförderung 391
- Systemanalyse 239
- Systementwicklung 223, 224, 226
- Systemergonomische Analyse 405
- Systemgestaltung 9, 54, 55, 64, 167, 232, 520, 627, 993
- Systemic error analysis 401
- Systemlogik 33, 35
- Systemspiel 375, 377
- Tabakprävention 8, 513, 514, 515
- TA-DD 8, 539, 540, 541, 542
- taktile Rückmeldung 153, 154
- taktile Wahrnehmung 395
- Task Identification and Analysis 441
- Tastendruck 323, 711, 713
- Teamklima 80, 82, 809, 810, 811, 812
- Technikstress 9, 595, 598, 599, 944
- Technologieadaption 192, 289, 290, 291, 292
- Telemedizinische Systeme 867
- Testgüte 579, 582
- Theatrale Organisationsforschung 195, 198, 199
- Thermische Behaglichkeit 941
- thermische Pulse 671, 673
- Thermophysiologie 659, 667
- Touchdisplay 153, 154, 162
- training model 999, 1000, 1001
- Trait Anger 9, 583, 584, 585, 586
- Triebfahrzeugführer 555, 556, 557
- Tumorprotein p63 15, 975, 976, 978
- Tunnelüberwachung 269, 270
- Überholen 101, 162, 164
- Überstunden 421, 575, 576, 577, 768
- Überwachungsarbeitsplatz 269
- Ubiquitous Workplace 181
- Umgang mit Fehlern 294, 567
- Universal Design 813
- Unterbrechungen 57, 58, 59, 980
- Unternehmenstheater 195, 198
- Usability 13, 238, 247, 434, 871, 875, 876, 881, 882, 883, 892, 904, 909, 912, 952
- User Experience 249, 250, 251, 897, 900, 901, 902, 903, 904, 949, 952
- user-centered design 235, 236
- Validierung 226, 234, 269, 272, 291, 422, 524, 525, 534, 538, 541, 545, 604, 608, 627, 670, 780, 889, 890, 910, 911
- Veränderungsbereitschaft 8, 523, 524, 525
- Veränderungsprozesse 33, 40, 363, 490, 547
- Verbundforschung 189, 190
- Vereinbarkeit 6, 31, 34, 275, 409, 411, 412, 417, 418, 421, 424, 425, 427, 428, 430, 431, 492, 494, 829, 830
- verhaltensbasierte Unternehmensführung 195
- Verpackungen 927, 928, 929, 930
- Verstärkung 84, 609, 611, 612, 842
- Verwaltung 7, 8, 36, 308, 329, 410, 501, 543, 544, 568, 570, 571, 652, 752, 809
- Verzögerung 31, 92, 119, 120, 576, 577



Vibration	110, 154, 395, 687, 735, 737, 738, 854, 856, 1015	
Videoanalyse	2, 97, 741, 895	
Vielfaltssensible Strategieberatung	309	
Virtual Retinal Displays	61	
Virtualität	75, 77, 208	
Virtuelle Realität	139, 889	
vision	64, 145, 317, 449, 689, 690, 692, 693, 694, 695, 696, 697, 698, 699, 700	
visuelle Informationsdarstellung	105, 106	
visuelle Wahrnehmung	957	
Vorfalluntersuchung	219, 221, 222, 227	
wearable IT	67	
Web 2.0	3, 192, 193, 207, 208, 209, 210, 301	
Website design	877	
Wertschätzung	12, 81, 381, 382, 761, 762, 763, 764, 851, 968, 1007	
Wettbewerbsfähigkeit	8, 40, 57, 189, 274, 275, 280, 289, 331, 456, 484, 505, 649, 1010, 1016	
Wirbelsäulenbelastung	727, 728, 730, 787, 788, 789, 790	
Wirtschaftskrise	5, 335, 336, 337, 819	
Wissensarbeits-Typologien	49	
Wissensmanagement	83, 84, 86, 182, 270, 304, 383, 384, 386, 389	
Wissenstransfer	383, 384, 385	
Wizard of Oz	3, 161, 162, 163, 164	
Wohlbefinden	4, 8, 30, 49, 61, 68, 74, 257, 258, 259, 260, 261, 263, 264, 305, 367, 417, 420, 422, 499, 524, 548, 559, 561, 584, 591, 594, 641, 675, 707, 894, 1005	
Workflow	8, 85, 517, 518, 520	
Work-Life-Balance	6, 7, 40, 305, 409, 417, 418, 419, 421, 423, 425, 429, 430, 431, 432, 454, 455, 491, 492, 493, 494, 499	
Workload	12, 615, 777, 778, 779, 780	
Workplace Health Protection	441	
Zahnarztpraxis	12, 781, 782, 784, 785	
Zeitreihenanalyse	92, 575	
Zeitstudien	12, 781	
Ziele	4, 283, 284, 286, 890	
Zuverlässigkeit	69, 371, 632, 767, 937, 938, 940	



## Autorenverzeichnis

ABENDROTH	93	BOPP	527, 613
ADENAUER	497	BORCH	731
ADOLPH	61	BORTOT	269, 827, 945
AKCA	761	BRAMMERTZ	501
AKSELSSON	437	BRAUCHLER	751, 757
ALLGAIER	627	BRAUCHLI	425
AMERELLER	89	BRAUER	243
ARCATI	109	BRESSER	671
ARENIUS	401	BRETSCHNEIDER	211
ARENS-FISCHER	195	BRITZKE	467
ARNDT	983	BROMBACH	471
ARNING	483	BRUDER	29, 79, 93, 97, 131, 153, 161, 227, 231, 395, 527, 555, 617, 735, 739, 805, 859, 901, 931
ARTEAU	441, 461	BRÄMER	371, 371
ATHANASSIOU	401, 937	BRÖDE	659, 667
BACKHAUS	909	BRÜGGER	513
BAHAMONDES PAVEZ	297	BUBB	105, 109, 115, 119, 123, 321, 635
BASHA	153	BUCKERT	395
BAUER	45, 425, 513	BUES	71
BAUMER	689	BÖRKIRCHER	409
BAUSCH	797	BÜCH	505
BEBBER	83	BÜTZLER	823
BECKHAUS	243	CARRAS	421
BEERMANN	33	CHRIST	711
BELDA	871	DAHME	845
BENGLER	109, 119, 123, 157, 269, 321, 635, 897, 945	DAMBÖCK	157
BERGANDE	693	DAVID	1003
BERGNER	231	DECHMANN	993
BICHLER	89	DECKERT	967
BINKOWSKI	941	DEUSE	283
BINNEWIES	421	DIAZ MEYER	739, 757, 859
BLACH	181	DI BUCCHIANICO	433
BLAUDSZUN-LAHM	339	DIDIER	901, 931
BLEYER	893	DIESTEL	535, 587, 601, 809, 971
BLOHM	211	DI PARDO	999
BLUM	143	DITTMAR	641, 645
BOCKELMANN	905	DITTRICH	927
BOGUS	265	DORMANN	421, 591

DORN	265	GIEBEL	653
DORNBERG	867	GILBERT	539
DREGE	171, 175	GILLMEISTER	853
DREHAROV	45	GLOGER	131
DUDENHÖFFER	591	GLÖCKNER	277, 305
DÜNNEBACKE	867	GOLKA	975
EGBERS	827	GREUBEL	645
EIERDANZ	339	GRIEFAHN	631, 683
EIGENSTETTER	913	GROPPE	383
EILERMANN	949	GRÄF	57
ELLERMEIER	57	GUDE	139, 147
EMAMI-MEHREGANI	475	GÜNEBAK	627
ENGSTLER	635	GÜNZKOFER	635
ENRIQUEZ DIAZ	801, 953	HAACK	913
ENSINGER	773, 777	HACKER	551
ERLINGHAGEN	309	HAHN	421
ERNST	343	HAKULI	153, 161
EULER	293	HAMBERGER	123
EWALD	711	HANER	45
FABER	185	HANSELKA	395
FBAUER	523	HARTMANN	83, 723
FEITH	301	HASENAU	355
FELTEN	909	HAUN	421, 559
FERREIRA	527, 613	HEEG	375
FINK	531	HEESEN	165
FINSTERBUSCH	313	HEHNEN	987
FISCHER	449	HEIMGÄRTNER	881
FLEMISCH	165	HEINTZ	223
FRANZEN	1003	HELBIG	79, 527, 555, 613, 617
FRIEDRICH	513	HELFERT	79, 395
FRIELING	801	HEMPEN	283
FROHNMAYER	181	HENGSTLER	975
FUCHS	97	HENSEL	363
GABRIEL	343	HERMANN	181
GAMBER	409	HEUSEL	171
GAUGISCH	885	HILLE	71
GEBHARDT	731, 781, 923	HINDING	761
GEIS	301	HINRICHS	297, 491
GENKOVA	359, 849	HIRSCH	371
GEORG	189, 993	HOBELSBERGER	449
GERST	273	HOFFMANN	45, 509, 513, 579

HOFMANN	139, 147, 231, 239, 987	KIEL	1003
HOHM	101	KIENLE	157
HOLM	1003	KIESEL	747, 751, 757
HOLZBECHER	595	KINNE	853
HOLZHÄUSER	649	KITTLER	249
HOPPE	595	KLEIN	181
HORNA	105, 123	KLEINT	283
HOYER	575	KLEY	547
HUBER	75, 211, 359	KLINGAUF	171, 175
HUELKE	889	KLIPPERT	831
HUPKE	605	KLUSSMANN	731, 923
HÄMMIG	425	KLUTH	663, 979
HÖFER	649	KNECHT	425
HÖGLINGER	261	KOHN	53
JACKSON	999	KOLLMANN	979
JACOBSEN	189	KORING	379
JASCHINSKI	919	KRALJ	987
JASTRZEBSKA-FRACZEK	269	KRATZER	491
JENNY	523	KRAUSE	327
JESKE	355, 483	KRCMAR	211
JOCHEMS	185, 823, 867	KREHER	801
JOCHMANN	115	KREMER	289
JORDAN	83, 727, 787	KREMSMAIR	293
JOSTMEIER	189	KREUZFELD	983
JUBT	909	KROPFF	57
JUNG	413, 413	KRÖLL	567
JUNGINGER	235	KUGLER	715
JZINK	449	KUHN	727, 787
JÄGER	727, 787	KUHNERT	761
KABUSS	185, 203	KUNHENN	547
KAISER	89	KUNZE	791
KAMPMANN	667, 671	KÖHLER	543
KAMUSELLA	135	KÖNIG	231, 301, 919
KARAZMAN	343, 343	KÖTTER	487
KASTNER	761	LANDAU	739, 751, 757, 805
KATTNER	57	LANDZETTEL	395
KAUER	153, 161	LANG	923
KEIL	839	LANGE	109, 321
KELSCH	165	LAPARRA	871
KELTER	49	LAUMEN	913
KENNÉ	475	LEHMANN	513, 975

LEIMEISTER	211	MÖTJE	909
LENNINGS	649	MÜLLER	75, 523
LEONHARDT	219, 227, 563	NACHREINER	417, 575, 641, 645, 653, 905
LEUPOLD	429	NADEAU	441, 475
LEUTERITZ	45	NADUSCHEWSKI	467
LEUTHOLD	75	NASS	301
LEVCHUK	923	NBECHTOLDT	583
LEYH	289	NEUMANN	781
LICHTENSTEIN	957	NICKEL	889
LIEBERS	731	NIELEN	483
LIEBL	675	NISCHALKE-FEHN	889
LINDEMANN	715	NOEFER	797
LINDERMAN	207	ODENTHAL	185, 203, 355
LORENZ	115	OEL	105
LUKL	343	OKONEK	849
LUNGFIEL	889	OLDENBURG	349
LUTTMANN	727, 787	OSRANEK	453
LÖCHERER	115	OTT	509
LÖPER	165	OVCIN	999
LÜCKE	547	O'SULLIVAN	999
MAGUIRE	877	PACHARRA	61
MAIER	517, 845	PAPPACHAN	889
MANOLACHE	441	PARITSCHKOW	735
MARANO	433	PENDZICH	893
MARKS	683	PENZKOFER	663, 979
MARZO	871	PETER	993
MAYER	185, 203, 355	PFEFFER	517
MEINKEN	863	PICKSHAUS	993
MENOZZI	143, 317, 689, 693, 697	PIETRZYK	551
MENZ	491	POPIV	119
MERGL	115	POPOVA	269
MERTENS	867	POVEDA	871
MEYER	781	PRESCHER	735
MEYN	993	PRESL	751, 757
MICHELS	253	PROSS	71
MINSEN	309	QIU	555, 617
MITTERHOFER	383	QUIROS PEREA	731
MONTICONE	143, 317, 697	RADEMACHER	805
MORSHECK	215	RAKIC	119
MUHR	343	RAMBO	301
MUTSCHLER	853	RAMI	293



RAST	835	SCHRÖDER	277
RAUSCH	405	SCHULLER	181
REINECKE	703, 715, 719	SCHULTE	623
REINHART	827	SCHULZE	75
RENVERT	195	SCHWALD	115
RICHARD	715	SCHWIRTZ	89
RICHENHAGEN	331	SCHÄFER	711
RICHTER	301, 335, 367	SCHÜPBACH	773, 777
RIEDEL	853	SCHÜTTE	309, 631, 767, 905
RIEGER	731, 983	SEEHAUS	711
RIES	809	SEIBT	967
RINKENAUER	139, 147	SENGPIEL	813
RITTER	623	SEYR	75
ROBENS	683	SICA	617, 859
ROHRMANN	583	SINN-BEHRENDT	805, 859
ROTHE	33	SLESINA	531, 743
RUPING	195	SONNTAG	505, 797
RYSER	75	SORGATZ	703, 719
RÖBIG	231, 901, 931	SPANNER-ULMER	305, 327, 363, 791, 839, 927
RÖTHER	257	SPANOWSKI	761
SALMANZADEH	739	SPATH	45, 71, 181, 885
SANDROCK	631, 767	SPIES	105, 123, 239
SARKAR	67	STADLBAUER	343
SAUER	993	STEFANI	71
SAUTER	471	STEGMAIER	505, 797
SCHABEL	715	STEINMETZ	57
SCHAEFER	889	STIPPLER	383
SCHIML	297	STOCK	429
SCHLICK	185, 203, 355, 483, 823, 867	STOLL	983
SCHLITTEMEIER	679	STOWASSER	471, 497
SCHMAUDER	135, 313, 509, 735, 885	STRASSER	663
SCHMICKER	83, 277	STROOT	387
SCHMIDT	83, 371, 421, 429, 535, 587, 601, 605, 809, 971	STRÄTER	401, 627
SCHMITT	109	STÄCHELE	773, 777
SCHNEE	707	SUCH	871
SCHNEIDER	805	SURY	143, 693
SCHOMANN	641, 653	TENOORT	223
SCHRAMM	97	THEILMEIER	727, 787
SCHRAUB	505	THIEMICH	801
SCHREIBER	153, 161	THIO	57

TURKIER	75	WEHREND	719
TUZAR	127	WEIPPERT	983
THERMPROTECT network	659	WELKENS	343
ULRICH	343	WELZEL	253
URVOY	171	WIDLROITHER	863
USSAT	961	WILDE	491
VALCÁRCEL	207	WINDEL	61, 67, 893
VAN DER DOELEN	445	WINNER	101
VETTER	823, 987	WIRTZ	417
VOGT	563, 707	WITTICH	609
VOLLMER	75	WITTMANN	987
VOLYK	391	WOHLFARTER	321
VON MITZLAFF	457	WOLL	703, 719
VON KORTZFLEISCH	207	WORTMANN	727, 787
VÖLKER	61	WOYNA	131
WAGNER	277	WÖHRLE	719
WAKULA	735, 999	ZAPF	583
WALDHERR	819	ZIMMERMANN	559
WASCHER	579	ZINK	37, 453
WEBER	339, 715	ZÜLCH	19, 409, 429, 819
WEGGE	283, 809		

















---

ISBN 978-3-936804-08-9

---