



Gesellschaft für
Arbeitswissenschaft e.V.

**Produkt- und
Produktions-Ergonomie -
Aufgabe für
Entwickler und Planer**

54. Kongress der
Gesellschaft für Arbeitswissenschaft

Technische Universität München
9. - 11. April 2008

Bericht zum 54. Arbeitswissenschaftlichen Kongress vom 9. - 11. 4. 2008
an der Technischen Universität München, herausgegeben von der
Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e. V.

Dortmund: GfA-Press, 2008

ISBN 978-3-936804-06-5

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, Internet: 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 2008

Produkt- und Produktions-Ergonomie – Aufgabe für Entwickler und Planer

Bericht
zum 54. Kongress der
Gesellschaft für Arbeitswissenschaft
vom 9. - 11. April 2008

Inhaltsverzeichnis

Plenarvorträge

Kompatibilität, Leitlinie für ergonomische Arbeitsgestaltung und präventiven Arbeitsschutz <i>Helmut STRASSER</i>	17
Der Forschungsansatz des Lehrstuhls für Ergonomie <i>Heiner BUBB</i>	29
Arbeitswissenschaft und Globalisierung: eine Herausforderung <i>Klaus J. ZINK</i>	37
Standortbestimmung Arbeitsmedizin <i>Stephan LETZEL</i>	41

Produkt-Ergonomie

Bewertung informationstechnischer Gestaltung von operationsunterstützender Software <i>Thomas STÜDELI, Adinda FREUDENTHAL und Huib DE RIDDER</i>	47
„RAMSIS kognitiv - das Menschmodell lernt sehen“ <i>Wolfram REMLINGER und Heiner BUBB</i>	51
Entwicklung eines Kompendiums zur Anwendung der Ergonomie und Prüfung der Gebrauchstauglichkeit von Produkten <i>Armin WINDEL und Tobias BLEYER</i>	57
Effizienzsteigerung der Nutzungskontextanalyse des Ueware-Engineering durch den Einsatz eines Analysewerkzeugs <i>Gerrit MEIXNER, Daniel GÖRLICH und Alexander BÖDCHER</i>	61
Ergebnisse einer Verbraucherbefragung zur Bedienbarkeit von Produkten <i>André KLUSSMANN, Hansjürgen GEBHARDT, Martin TOPEL und Heiner W. MÜLLER-ARNECKE</i>	65
Produktpiraterie – Möglichkeiten ihrer Bekämpfung durch innovative Technologien <i>Andreas SCHÄFER, Karl-Heinz LANG, Ralf PIEPER und Peter WANDERS</i>	69
Ergebnisse aus Untersuchungen zur Gestaltung von Produkten <i>Hansjürgen GEBHARDT, André KLUSSMANN, und Heiner W. MÜLLER-ARNECKE</i>	73
Konstrukteure und ihre Ergonomiekenntnis <i>Fatih C. BABALIK</i>	77
Produktergonomie in der Medizintechnik – normativer Ergonomieprozess in der Praxis <i>Thomas SEITZ</i>	81
Ist das Design eines Automobils nur mit Material, Form und Farbe erfassbar? <i>Iwona JASTRZEBSKA-FRACZEK</i>	85
Kultureller Einfluss auf Piktogramm- und Iconerkennung <i>Kerstin RÖSE und Mei MIAO</i>	91

Benchmark und Evaluierung der Benutzungsfreundlichkeit von Spracheingabegeräten in Robotersystemen	95
<i>Barbara BIERFREUND, Kerstin NÖLLE und Rebecca HOLLMANN</i>	
Ergonomische Gestaltung des Führertisches für Triebfahrzeuge im grenzüberschreitenden Schienenverkehr	99
<i>Denis SELIGER und Manfred RENTZSCH</i>	
Altersdifferenzierte Gestaltung der Mensch-Rechner-Interaktion oder „Design for All“ ?	103
<i>Nicole SCHNEIDER, Janet WILKES, Morten GRANDT und Christopher M. SCHLICK</i>	
Stellenwert von Ergonomie und Sicherheit beim Kauf von Handmaschinen und Heimwerkergeräten	107
<i>Karl-Heinz LANG, Hansjürgen GEBHARDT, André KLUSSMANN, Christiane ADOMEIT und Hans-Jörg WINDBERG</i>	
Resultate einer Studie zur Bewertung ergonomischer Kriterien bei einer Handzahnbürste für Kleinkinder	111
<i>Thomas STÜDELI</i>	
Das Head-Up Display im Fahrzeug – Potenzial zukünftiger Nutzung	115
<i>Natasa MILICIC, Markus ABLAßMEIER und Klaus BENGLER</i>	
Ergonomische Bewertung eines Night Vision Systems mit Fußgängermarkierung im Head-up-Display	121
<i>Klaus FUCHS, Bettina ABENDROTH, Ralph BRUDER und Bettina LEUCHTENBERG</i>	
Methode zur kontaktanalogen Visualisierung von Fahrerassistenzinformationen unter automotiv-tauglichen Gesichtspunkten	125
<i>Ulrich BERGMEIER</i>	
Neue adaptive Bediensysteme im Fahrzeugcockpit – Interfacedesign mit selbsterklärender Bedienung	129
<i>Aleko PETROV und Thomas MAIER</i>	
Gestaltung von Geschwindigkeitsempfehlungen während der Annäherung an eine Ampel	133
<i>Stephan THOMA, Thomas LINDBERG und Gudrun KLINKER</i>	
Fußgängerwarnung mit einer multifunktionalen Mensch-Maschine-Schnittstelle	137
<i>Henning KIENAST, Matthias HENNING, Philipp LINDNER, Hendrik WEIGEL, Josef F. KREMS, Birgit SPANNER-ULMER und Gerd WANIELIK</i>	
Driving with and without ACC: evaluated Differences	141
<i>Darya POPIV, Christian LANGE and Heiner BUBB</i>	
Gestaltung eines Unterstützungssystems zum Lernen einer verbrauchseffizienten Fahrweise mit LKW	145
<i>Marc SCHÜTTE und Ralph DREHER</i>	
Methoden zur Durchführung einer Bedarfsanalyse am Beispiel des Parkens als Teil der primären Fahraufgabe	149
<i>Christian DOISL und Heiner BUBB</i>	
Fahrzeugbedienung im Alltag – eine gesamtheitliche Betrachtung	153
<i>Heike SACHER und Heiner BUBB</i>	
Animationen im Fahrzeug GUI – Randbedingungen für deren ergonomische Gestaltung	157
<i>Klaus BENGLER und Verena BROY</i>	
RAMIE: Ein neuer Bezugstoff für Fahrersitze	163
<i>Tülin GÜNDÜZ CENGİZ und Fatih C. BABALIK</i>	

Ganzheitliche Betrachtung des Schaltkomforts bei Fahrzeuggetrieben <i>Wilfried WESSEL und Thomas MAIER</i>	169
Biomechanische Analyse der Ein- und Ausstiegsbewegung von PKW-Fahrern <i>Raphael BICHLER, Ralf KAISER und Ansgar SCHWIRTZ</i>	173
Eine experimentelle Studie zur Objektivierung des Ansitzkomforts <i>Christian MERGL, Lorenz FÜHRLINGER und Heiner BUBB</i>	177
Komfortbewertung bei komplexen Bewegungen – am Beispiel des Ein- und Ausstiegsvorgangs am PKW <i>Marianne ZUMBUSCH, Ernst ASSMANN und Heiner BUBB</i>	181
Kraft- und Haltungsbasierter Diskomfort bei Bewegungen <i>Olaf SABBAH, Florian FRITZSCHE und Heiner BUBB</i>	185
Zielgruppenspezifische Produktentwicklung durch User Integration – Am Beispiel eines Mobiltelefons mit PC-Funktionalität für die Generation 55+ <i>Sebastian GLENDE, Beatrice PODTSCHASKE und Wolfgang FRIESDORF</i>	189
Swarm-Optimization-Based Approach for Usability Evaluation of Geographic Information Systems <i>Alexander NIKOV, Shanaz WAHID, Arvind MOHAIS and Michael Andy MCADAMS</i>	193

Produktionssysteme der Zukunft

Mixed-Mockup-Kransimulator für die ergonomische Arbeitsforschung und -gestaltung <i>Dieter SPATH, Martin BRAUN und Frank HASELBERGER</i>	199
Anforderungen an die benutzerzentrierte Gestaltung einer Kognitiven Steuerung für Selbstoptimierende Produktionssysteme <i>Marcel MAYER, Barbara ODENTHAL, Morten GRANDT und Christopher SCHLICK</i>	203
Risikobewertung bei der virtuellen Mensch-Roboter-Kooperation <i>Jan Andries NEUHÖFER, Morten GRANDT und Christopher M. SCHLICK</i>	207
Konzept eines Lehr-/Lernsystems einer kognitiven Steuerung für Selbstoptimierende Produktionssysteme <i>Barbara ODENTHAL, Marcel MAYER, Morten GRANDT und Christopher SCHLICK</i>	211
Verbesserung manueller Mikromontagevorgänge durch Telepräsenztechnologie <i>Gunther REINHART, Marwan RADI und Andrea REITER</i>	215
Ein Modell zur zustandsbasierten Erzeugung von Montageanweisungen <i>Michael F. ZÄH und Mathey WIESBECK</i>	219

Arbeitsumgebung

Beanspruchungsreaktionen männlicher Arbeitspersonen auf Kälteexpositionen von +3°C und -24°C bei Kommissionierarbeit <i>Mario PENZKOFER, Karsten KLUTH und Helmut STRASSER</i>	225
Quantifizierung der Detektionsleistung bei Prüftätigkeiten in Abhängigkeit von unterschiedlichen Beleuchtungsszenarien und der Arbeitsdauer <i>Jörg SCHNEIDER, Andreas ERMERT, Erwin KELLER und Helmut STRASSER</i>	231

Altersdifferenzierte Analyse und Beurteilung der Auswirkungen von Kältearbeit auf die Hautoberflächen- und Körperkern-Temperatur männlicher Kommissionierer	235
<i>Karsten KLUTH, Mario PENZKOFER und Helmut STRASSER</i>	
Einfluss der unteren Schichten von Schutzbekleidung auf die Erwärmung durch Infrarotstrahlung	239
<i>Peter BRÖDE, Kalev KUKLANE, George HAVENITH und THERMPROTECT network</i>	
Der Entwicklungsstand des klimatischen Belastungs- Index UTCI (Universal Thermal Climate Index)	243
<i>Bernhard KAMPMANN, Peter BRÖDE, George HAVENITH, Gerd JENDRITZKY und COST Working Group</i>	
Reliabilität subjektiver Bewertungen der Qualität von Überflugeräuschen	247
<i>Martin SCHÜTTE, Stephan SANDROCK, Uwe MÜLLER und Barbara GRIEFAHN</i>	
Lästigkeit von Straßenverkehrslärm unter Berücksichtigung individueller Lärmempfindlichkeit und Befindlichkeit	253
<i>Stephan SANDROCK, Martin SCHÜTTE und Barbara GRIEFAHN</i>	
Zuverlässigkeit von Lästigkeitsbewertungen experimenteller Schallbedingungen	257
<i>Stephan SANDROCK, Martin SCHÜTTE und Barbara GRIEFAHN</i>	
Zur Wirkung unterschiedlich unangenehmer Fluggeräusche während simulierter Schichtarbeit	263
<i>Barbara GRIEFAHN und Peter Bröde</i>	
Forschungsverbund 'Leiser Verkehr' Ergebnisse der Lärmwirkungsforschung	267
<i>Barbara GRIEFAHN, Anke MARKS und Martin SCHÜTTE</i>	
Effiziente Berechnung des klimatischen Belastungs-Index UTCI	271
<i>Peter BRÖDE, Bernhard KAMPMANN, George HAVENITH, Gerd JENDRITZKY und COST Working Group</i>	
Hitzeakklimatisation und das Verhalten der Ruhewerte von Herzschlagfrequenz und Körperkerntemperatur	275
<i>Peter BRÖDE, Bernhard KAMPMANN, Martin SCHÜTTE und Barbara GRIEFAHN</i>	
Bestimmung der dynamischen Wärmeisulations- und Wasserdampfdiffusionseigenschaften von Bergmannsbekleidung mithilfe eines beweglichen „schwitzenden“ Manikins	279
<i>Bernhard KAMPMANN, Bernhard KALKOWSKY, Cornelis P. BOGERD, Niklaus MATTLE und Mark RICHARDS</i>	

Arbeitsorganisation und Arbeitsplatzgestaltung

Zusammenarbeit Arbeitsmedizin/ Arbeitswissenschaft auf dem Feld „Arbeit und Gesundheit“	285
<i>Joachim STORK</i>	
Steuerung des Arbeitseinsatzes leistungsgewandelter Mitarbeiter unter Zuhilfenahme der Arbeitsplatzstrukturanalyse	289
<i>Wolfgang HILLA</i>	
Weg zur alternsgerechten Arbeitszeitgestaltung	293
<i>Sonia HORNBERGER</i>	
Arbeitswissenschaftliche Methoden im Planungs- und Fertigungsprozess	297
<i>Thomas BOGUS und Rudolf DORN</i>	

Prävention eingeschränkter Beschäftigungsfähigkeit durch ein Gesundheitsförderungsprogramm bei übergewichtigen Auszubildenden in der Automobilindustrie	301
<i>Mechthild HEINMÜLLER, Julia MEIDENBAUER, Wolfgang HILLA, Joachim STORK, Harald GÜNDEL, Dennis NOWAK und Peter ANGERER</i>	
Information und Kommunikation als Grundlage für ein innovationsförderliches Betriebsklima	305
<i>Daniela WINKELS, Birgit WEBER, Indra BREMSER, Barbara HERZOG und Lutz PACKEBUSCH</i>	
Telematik als Kontroll- und Kooperationsinstrument im Transportprozess: Neue Kommunikationsnotwendigkeiten und -möglichkeiten zwischen LKW und Disposition	309
<i>Daniela AHRENS</i>	
Von der „partizipativen Arbeitsgestaltung“ zum „partizipativen Gesundheitsmanagement“	313
<i>Nick KRATZER, Wolfgang DUNKEL und Wolfgang MENZ</i>	
Standardisierung und Partizipation im Rahmen Ganzheitlicher Produktionssysteme	317
<i>Delia SCHRÖDER, Ulrich STEIMLE und Klaus J. ZINK</i>	
Nachhaltigkeit von Produktionssystemen in der Automobilzulieferindustrie	321
<i>Heiko ENDERLEIN, Birgit SPANNER-ULMER und Benjamin ROMBOUTS</i>	
Partizipative Einführung ganzheitlicher Produktionssysteme (GPS) - Herausforderung an das Zusammenspiel von Arbeitsgestaltung und Organisationsberatung	325
<i>Wolfgang KÖTTER, Stefan FESL und Jörg BAHLOW</i>	
Interkulturelles Management und Unternehmenskultur	329
<i>Petia GENKOVA, Heike MENGEL und Stephanie WÖRMANN</i>	
Arbeitsorganisatorische Planung und Ressourcenausstattung von Entwicklungsprojekten mit unsicheren Aktivitätszusammenhängen	335
<i>Bernhard KAUSCH, Sven TACKENBERG, Morten GRANDT und Christopher M. SCHLICK</i>	
Beteiligungsorientierung und Durchlässigkeit von Wissen als Triebkräfte für Innovationsprozesse	339
<i>Monique WÖLK</i>	
Kompetenznetz Moderne Arbeit (KomNet) – Beratung und Wissen mit Methode	343
<i>Michael DEILMANN, Klaus NOLTING, Karl-Heinz LANG, Andreas SARBMANNSHAUSEN und Andreas SCHÄFER</i>	
Triadengespräche als Methode zum Austausch erfahrungsbasierten Wissens zwischen Experten und Novizen	347
<i>Michael DICK und Theo WEHNER</i>	
Exemplarische Gestaltung als Ansatzpunkt der Beförderung innovationsförderlicher Unternehmenskulturen in kleinen und mittleren Unternehmen	351
<i>Yvonne PAARMANN, Ernst Andreas HARTMANN und Sonja SCHMICKER</i>	
Arbeitszeitflexibilität – eine Untersuchung über Bedarf und Realisation in der deutschen Automobilzulieferindustrie	355
<i>Norbert BASZENSKI</i>	
Auswirkung partizipativer Schichtplangestaltung auf die Einschätzung des Vorgesetztenverhaltens und die Präferenz für Nachtschichtfolgen	359
<i>Ulrike HELLERT, Wolfgang SICHERT-HELLERT, Peter BRÖDE und Barbara GRIEFAHN</i>	
e-Shift-Design – Praxishilfe zur anforderungsgerechten und ergonomischen Schichtplanung	363
<i>Frank LENNINGS, Carmen DIEL, Klaus HÖFER und Thorsten HOLZHÄUSER</i>	

Entwicklung einer Gefährdungsbeurteilung im Hinblick auf die Arbeitszeit <i>Kerstin HÄNECKE und Hiltraud GRZECH-ŠUKALO</i>	367
Jugendarbeitsschutz in der Praxis <i>Hiltraud GRZECH-ŠUKALO und Kerstin HÄNECKE</i>	371
Prozessoptimierung und effizienter Personaleinsatz im Krankenhaus durch die Einführung klinischer Pfade <i>Gert ZÜLCH, Patricia STOCK und Jan HRDINA</i>	375
Die Interferenz von flexiblen Arbeitszeiten mit dem circadianen Rhythmus als Prädiktor für Beeinträchtigungen der Gesundheit und des Wohlbefindens <i>Ole GIEBEL, Anna WIRTZ und Friedhelm NACHREINER</i>	379
Die Interferenz von flexiblen Arbeitszeiten mit der Nutzbarkeit arbeitsfreier Zeit – Ein Prädiktor für soziale Beeinträchtigungen <i>Anna WIRTZ, Ole GIEBEL, Friedhelm NACHREINER und Carsten SCHOMANN</i>	383
Die Effekte langer Arbeitszeiten auf Gesundheit und Wohlbefinden – Ergebnisse einer Kreuzvalidierungsstudie <i>Isabell RÜTERS, Friedhelm NACHREINER, Daniela HORN, Ole GIEBEL, Carsten SCHOMANN und Anna WIRTZ</i>	387
SizeGERMANY – die neue Deutsche Reihenmessung – Konzeption, Durchführung und erste Ergebnisse <i>Andreas SEIDL, Rainer TRIEB und Hans Joachim WIRSCHING</i>	391
Anthropometrische Reihenmessungen mit Bodyscanning im Vergleich mit der klassischen manuellen Vermessung - eine Stärken- und Schwächenanalyse <i>Hans-Joachim WIRSCHING, Andreas SEIDL und Rainer TRIEB</i>	395
Weltweite anthropometrische Reihenmessungen mit BodyScanning – Überblick über die wichtigsten Projekte, Verfahren und Ergebnisse <i>Rainer TRIEB, Andreas SEIDL, Anke RISSIEK und Hans-Joachim WIRSCHING</i>	399
Ganzheitliche Methodik zur systematischen Auslegung des Fahrzeuginnenraumes <i>Alexander MÜLLER und Thomas MAIER</i>	403
Entwicklung eines Ramsis-Haltungsmodells für Bürostühle <i>Florian ENGSTLER, Birgit BRANDL und Heiner BUBB</i>	407
Analyse und Gestaltung von Montagearbeitsplätzen in der Automobilindustrie – ein Beitrag zur Generierung altersgerechter Arbeitssysteme <i>Markus BUCH, Julia WEICHEL und Ekkehart FRIELING</i>	411
Produktivitätsanspruch und Arbeitsplatzgestaltung - Widerspruch oder Ergänzung? Ein Praxisbeitrag über eine neue Optimierungsmethode <i>Hans-Helmut BECKER und Stefan KREHER</i>	415
Partizipative Layoutplanung als Werkzeug zur ergonomischen Arbeitsplatzgestaltung <i>Uwe DOMBROWSKI und Sibylle HENNERSDORF</i>	419
Statische Maximalkraftwerte für realtypische Kraftausübungen des Arm- Schulter- und Ganzkörpersystems für einen montagespezifischen Kraftatlas <i>Jurij WAKULA, Knut BERG und Karlheinz SCHAUB</i>	423
Biomechanische Analyse von Ganzkörperkräften in unterschiedlichen Körperhaltungen <i>Ulrich GLITSCH, Rolf ELLEGAST, Karlheinz SCHAUB, Jurij WAKULA und Knut BERG</i>	429

Prävention von Muskel-Skelett-Beschwerden an Montagearbeitsplätzen <i>Heiko KUSSEROW, Ingeborg EISENACHER-ABELEIN, Ralf HÜNTING, Rolf ELLEGAST, Markus POST und Hanna ZIESCHANG</i>	433
Beitrag der Modularisierung zu alter(n)sgerechten Arbeitsbedingungen in der Automobilmontage <i>Stefan KALTENBRUNNER, Michael MOHRLANG, Martin SCHMAUDER und Marcus ULLRICH</i>	437
Entwicklung eines Assistenzsystems zur wissensbasierten Einstellung des OP-Tisches im Rahmen orthopädischer Eingriffe <i>Wolfgang LAUER, Bastian IBACH und Klaus RADERMACHER</i>	441
Gestaltung einer Luftraumüberwachungsanzeige anhand des Semiotischen Modells <i>Ludger SCHMIDT und Daniel LEY</i>	445
Ergonomische Gestaltung von Schleifarbeitsplätzen im Mercedes-Benz Werk Untertürkheim der Daimler AG <i>Matthias HILLECKE, Jörg METZLER und Peter BUBB</i>	449
Zur Sicherheitstechnik für seilunterstützte Arbeitsverfahren im Ingenieur- und Anlagenbau im internationalen Vergleich <i>Marco EINHAUS und Olaf SABBAH</i>	453
Gestaltung eines Kranführersitzes in der Müllverbrennungsanlage <i>Philipp SURY, Marino MENOZZI und Esther BERGANDE</i>	457
Ein Vorgehensmodell für die Transformation vom Produkthersteller zum Lösungsanbieter <i>Thomas GÄRTNER, Simone ROCHHOLD und Susanne MÜTZE-NIEWÖHNER</i>	461
Mitarbeiterbeurteilung und Fairness: eine Untersuchung über die Implementierung eines automatisierten Prozesses zur Mitarbeiterbeurteilung <i>Christina SCHWARZ und Petia GENKOVA</i>	465
Analyse der Belastungssituation von Wartenmitarbeitern in Kraftwerksleitzentralen zur grundlegenden Gestaltung komplexer Arbeitsplätze <i>Annette HOPPE und Sven BINKOWSKI</i>	471
Veränderungen an Bildschirmarbeitsplätzen von 1995 bis heute: Eine Auswertung von Erhebungen mit dem Bildschirmarbeitsplatz-Fragebogen „BiFra“ <i>Andreas SCHÄFER, André KLUSSMANN, Karl Heinz LANG und Hansjürgen GEBHARDT</i>	475
Modellvorhaben zur Optimierung der Produktionsabläufe und des Warentransports in KMU <i>Sascha RÜLICHE und Lars GERARDS</i>	479
Implementierung der WIR-Unternehmensstrategie der Schnellecke Group <i>Mathias KEIL, Maria SCHMIDT, Thomas KUNZE und Birgit SPANNER-ULMER</i>	483
Wirbelsäulenbelastung durch Patiententransfers bei „konventioneller“ und „optimierter“ Arbeitsweise sowie beim Einsatz von „Kleinen Hilfsmitteln“ <i>Andreas THEILMEIER, Claus JORDAN, Norbert WORTMANN, Stefan KUHN, Alwin LUTTMANN und Matthias JÄGER</i>	487
Musterarbeitsplatz für ältere Arbeitnehmer <i>Hanna ZIESCHANG und Susan FREIBERG</i>	491

Gesundheit

Betriebliche Gesundheitsförderung für kleine und mittlere Unternehmen <i>Dieter BONITZ und Michael DRUPP</i>	497
Ganzheitliche Gefährdungsbeurteilung als Baustein eines partizipativen Gesundheitsmanagements <i>Barbara WILDE, Carolina BAHAMODES PAVEZ, Stephan HINRICHS, Andreas KRAUSE und Heinz SCHÜPBACH</i>	501
Gesundheitsprävention in Kleinbetrieben durch Coaching <i>Birgit WEBER, Lutz PACKEBUSCH und Sascha RÜLICHE</i>	505
Prädiktoren der Eingliederung in das Erwerbsleben von Rehabilitanden nach Umschulung in Berufsförderungswerken <i>Wolfgang SLESINA, Torsten KÖSTER, Manuela FEHR, Bianka NEUPERT, Christiane PATZELT und Dirk RENNERT</i>	509
Berufliche Wiedereingliederung von Teilnehmern der innerbetrieblichen Rehabilitation. Ein Prognosemodell <i>Dirk RENNERT, Bianka NEUPERT und Wolfgang SLESINA</i>	513
Präventives Gesundheitsmanagement durch integrierte Personal- und Organisationsentwicklung – Belastungsabbau und Ressourcenaufbau in Innovationsprozessen <i>Markus THOMZIK, Mara BROZAT, Stefanie GÖTTEL und Thomas KLEY</i>	517
Europäisches Projekt über wirtschaftliche Anreize zur Förderung der Prävention <i>Dietmar ELSLER</i>	521
Führungskräfte und ihre Gesundheit – eine empirische Untersuchung <i>Gabriele N. ALPERS</i>	525
Wie stellt man Flachbildschirme auf, wenn man eine Universal-Gleitsichtbrille trägt? <i>Wolfgang JASCHINSKI</i>	529
Quantitative Bestimmung der Beeinflussung der Farbwahrnehmung durch Laserschutzfilter <i>Michael SCHÜRER, Annette WALTER, Holger BRÜNNER und Achim LANGENBUCHER</i>	533
Untersuchung des Einflusses von hochfrequenter Schwingungsbelastung und unergonomischem Griff auf die Feinmotorik der Finger unterschiedlich alter Versuchspersonen <i>Stephan RIEDEL, Nikesh BUDDHDEV, Britta HUSEMANN und Jens KINNE</i>	537
Das Projekt www.arbeitundbehinderung.at <i>Angela WEGSCHEIDER</i>	541

Arbeitsbewertung

Checkliste und Leitlinie – zwei Werkzeuge zur Beurteilung körperlicher Belastungen durch Zwangshaltungen und Lastenmanipulation <i>Bernd HARTMANN</i>	547
Berufliche Belastungen durch Lastenhandhabung und Körperhaltung – Ergebnisse der Deutschen Wirbelsäulenstudie <i>Dirk DITCHEN, Rolf ELLEGAST, Annekatrin BERGMANN, Ulrich BOLM-AUDORFF, Matthias JÄGER, Oliver LINHARDT, Martina MICHAELIS und Andreas SEIDLER</i>	551

Zusammenhang zwischen beruflichen Belastungen durch Lastenhandhabung und Körperhaltung sowie Erkrankungen der Lendenwirbelsäule – Ergebnisse der Deutschen Wirbelsäulenstudie	555
<i>Matthias JÄGER, Oliver GEIß, Alwin LUTTMANN, Annetkatrin BERGMANN, Ulrich BOLM-AUDORFF, Dirk DITCHEN, Oliver LINHARDT, Martina MICHAELIS und Andreas SEIDLER</i>	
Analyse kniegelenkbelastender Körperhaltungen beim Be- und Entladen von Flugzeugen	561
<i>Claus BACKHAUS, Karl-Heinz JUBT und Christian FELTEN</i>	
„Integrative Grenzlastberechnung“ bei der Robert Bosch GmbH mit dem IGEL Tool	565
<i>Karlheinz SCHAUB, Gabriele WINTER, Marco NICKOLAI, Ralph BRUDER, Frank ERDMANN und Friedrich SCHLATTERER</i>	
Virtuelle Absicherung manueller Montagevorgänge mittels 3D-Menschmodell – Optimierung der Mensch-Computer-Interaktion	569
<i>Domingo RODRIGUEZ FLICK und Heiner BUBB</i>	
Leistungsmodell für den Transport instabiler Gegenstände	575
<i>Marianela DIAZ-ZELEDON und Kurt LANDAU</i>	
Ergonomie-Werkzeuge zur Entscheidungsunterstützung in der Planung von Montageprozessen	581
<i>Gabriele WINTER, Karlheinz SCHAUB, Ralph BRUDER und Kurt LANDAU</i>	
Worst Case-Analyse der Beanspruchung des Herz-Kreislauf-Systems der Bodenverkehrsdienste an einem innerdeutschen Flughafen	585
<i>Andrea SINN-BEHRENDT, Verena BOPP, Rolf HELBIG, Kurt LANDAU und Ralph BRUDER</i>	
Einfluss des Verkehrsaufkommens auf die Blickbewegung von Fluglotsen in verschiedenen Arbeitssystemen	589
<i>Margherita VON WILAMOWITZ-MOELLENDORFF, Stephan HERR und Ralph BRUDER</i>	
Pfadanalysen von Kausalmodellen der Entwicklung des Burnout	593
<i>Stefan DIESTEL und Klaus-Helmut SCHMIDT</i>	
Eine Studie zum Zusammenhang von „Burnout-Erscheinungen“ und „subjektiv erlebten Arbeitsbedingungen“ am Beispiel von SozialarbeiterInnen in Österreich	599
<i>Ren L. KELLEM und Barbara STEFL</i>	
Psychosoziale Belastungen (Stressoren) im betrieblichen Alltag – Vorgehensmodell zur Steuerung und Reduzierung – praktische Anwendung und Auswirkung auf Effizienz und Effektivität der Arbeit	603
<i>Franz J. HEEG</i>	
Psychische Beanspruchung bei Einzelhandelstätigkeiten	609
<i>Marlen MELZER und Winfried HACKER</i>	
Untersuchung der psychomentalen Belastung und Beanspruchung der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter im Eurokontrollraum des Zweiten Deutschen Fernsehens (ZDF)	613
<i>Verena BOPP, Rolf HELBIG, Detlev JUNG und Ralph BRUDER</i>	
Arbeitsanalyse in der Entsorgungswirtschaft	617
<i>Claus BACKHAUS, Karl-Heinz JUBT, Christian FELTEN und Wolfgang FRIESDORF</i>	
Körperliche Belastungen und Beschwerden bei Beschäftigten in einem Kanal- und Rohrnetzbetrieb	621
<i>André KLUSSMANN, Hansjürgen GEBHARDT und Monika A. RIEGER</i>	

Analyse der Körperhaltungen von Chirurgen bei endoskopischen urologischen Operationen <i>Alwin LUTTMANN, Ute VON HOERNER, Matthias JÄGER und Jürgen SÖKELAND</i>	625
Die Daimler ErgonomieCheckliste <i>Karlheinz SCHAUB, Ralph BRUDER, Manfred BECK, Werner FRÖLICH und Alexander GÄRTNER</i>	629
Selbstkontrollanforderungen als spezifische Belastungsquelle bei der Arbeit <i>Klaus-Helmut SCHMIDT, Barbara NEUBACH und Stefan DIESTEL</i>	633
Isometrische Maximalkräfte des Hand-Fingersystems für einen montagespezifischen Kraftatlas <i>Knut BERG, Jurij WAKULA und Karlheinz SCHAUB</i>	637

Qualifikation und Bildung

Autonomie im Umbruch – Neue Lebens- und Arbeitsentwürfe am Beispiel von Lern- und Personalpools in regionalen Netzwerken <i>Sonja SCHMICKER und Silke SCHRÖDER</i>	643
Erfahrungsbasierter Umgang mit handgeführten Bearbeitungsmaschinen als Schlüssel zum Erfolg - Forschungsergebnisse aus Arbeitsprozessstudien im Geschäftsfeld der Herstellung von Bauteilen aus faserverstärkten Kunststoffen <i>Bernd HAASLER und Jochen ECKEBRECHT</i>	647
Neue Berufsstrukturen für den Einstieg in veränderte Arbeitsstrukturen und Konsequenzen für Kompetenzen <i>Georg SPÖTTL und Frank MUSEKAMP</i>	651
Arbeitsschutz für IT-gestützte Arbeit durch Entwicklung von übergreifender Handlungskompetenz <i>Markus KOHN</i>	655
Fachkräftemangel auf Facharbeitsebene im Metall- und Elektrosektor? – Ergebnisse einer berufswissenschaftlichen Studie <i>Lars WINDELBAND</i>	659

Methoden und Leistungsbewertung

Suchaufgabe im peripheren Gesichtsfeld – Simulatortest zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit unter Alkohol und Medikamenteneinfluss <i>Marino MENOZZI und Philippe BLUM</i>	665
Ein neuer Ansatz zur objektiven Diagnose von Bewegungseinschränkungen des Kopf-Hals-Schulter-Systems mit Hilfe provozierter Kopfbewegungen <i>Stefan LUTHERDT, Teodora KIKOVA, Martin HEINZE und Hartmut WITTE</i>	669
ErgoLAB - Ein Tool zur softwaregestützten OWAS Analyse <i>Christian LANGE und Martin WOHLFARTER</i>	673
Bestandsaufnahme der Leistungs- und Potentialbeurteilungsverfahren bei Neueinstellungen - Praxis der Personalauswahl (2007) <i>Michael KÖCK und Maximilian SAILER</i>	679
Kognitive Hilfen für die frühen Phasen der Produktentwicklung: Bewertungsunterstützung <i>Winfried HACKER, Constance WINKELMANN und Marlen MELZER</i>	683

Integration arbeitswissenschaftlicher Aspekte als Voraussetzung einer integrierten Produkt- und Prozessgestaltung	687
<i>Dunja B. EBERHARD und Klaus J. ZINK</i>	
Ergonomische Optimierung mit Hilfe von Mindmapping am Beispiel von mittelständischen Unternehmen	691
<i>Jochen MUSSGNUG</i>	
REACH-Net – der kooperative REACH-Helpdesk in Europa	695
<i>Karl-Heinz LANG, Andreas SCHÄFER, Andreas SABMANNSHAUSEN, Michael DEILMANN und Hanny NOVER</i>	
„Hedonistisches Regeln“ - ein Weg zu autonomen Menschmodellen mit ergonomischen Hilfsmitteln?	699
<i>Peter SCHAEFER und Iris ZACHER</i>	
Verteilung der visuellen Aufmerksamkeit in der Tiefe: Einfluss irrelevanter Information in unterschiedlichen Tiefendistanzen auf die Verarbeitung eines zentralen Reizes	705
<i>Gerhard RINKENAUER und Marc GROSJEAN</i>	
Effects of redundant visual stimuli in 3D space: Potential implications for interface design	709
<i>Marc GROSJEAN und Gerhard RINKENAUER</i>	
Entwicklung eines Wahrnehmungstests auf Basis eines neurophysiologischen Modells	713
<i>Edmund WASCHER und Michael FALKENSTEIN</i>	
Visuelle Informationsverarbeitung im Kontext von Head-Up-Displays: Vorbereitungseffekte auf kinematische Eigenschaften der Lenkbewegung in einer Spurwechselaufgabe	717
<i>Peter HOFMANN, Dietmar GUDE und Gerhard RINKENAUER</i>	
Ältere Fahrer und Informationssysteme: Evaluation des Einflusses der Displaykomplexität auf die Ausführung einer Spurwechselaufgabe.	721
<i>Ellen S. WILSCHUT, Gerhard RINKENAUER, Karel A. BROOKHUIS und Michael FALKENSTEIN</i>	
ErgoViz – Vorrichtung und Verfahren zur ergonomischen Darstellung räumlicher Tiefe in virtuellen Umgebungen	725
<i>Dietmar GUDE, Christian BRÄUNING und Michael STARK</i>	
Selbstmanagement-Training für Auszubildende in der Technikbranche	729
<i>Yvonne SABOROWSKI und Ralf MUELLERBUCHHOF</i>	
Beitrag zur Entwicklung der Zeitwirtschaft unter arbeitspsychologischen Aspekten	733
<i>Leif GOLDHAHN und Annett RAUPACH</i>	
Mitarbeiterbeteiligung in der betrieblichen Zeitwirtschaft – Eine Fallstudie	737
<i>Detlef GERST</i>	
 Gesellschaftliche Wertung der Arbeit	
Die Gesundheitsdatengenossenschaft als (organisatorischer) Ansatz zur Verbesserung der Systemergonomie im Gesundheitswesen	743
<i>Beatrice PODTSCHASKE, Sebastian GLENDE und Wolfgang FRIESDORF</i>	
Geringfügige Beschäftigung als Kostensenkungsstrategie im Einzelhandel	747
<i>Birgit BENKHOFF und Vicky HERMET</i>	

Zur Qualität von Arbeit: Subjektive Bedeutungen verschiedener Formen von Arbeit für frei-gemeinnützig Tätige	751
<i>Gina MÖSKEN, Michael DICK und Theo WEHNER</i>	
Betriebsratsarbeit der Zukunft	755
<i>Ursula RAMI und Hanns Peter EULER</i>	
Der Kraftwagenfahrer als Gegenstand der arbeitswissenschaftlichen Forschung. Ein historischer Überblick	759
<i>Kilian J. L. STEINER</i>	
Emotionale Führung in der Praxis	763
<i>Volker HOENSCH</i>	
Unternehmerische Entscheidungen und Nachhaltigkeit	767
<i>Christiane SPIEKER</i>	

Nachwuchssymposium

Zur Schutzfunktion doppelt getragener Handschuhe in der Chirurgie	773
<i>Andreas WITTMANN, Jan KÖVER, Nenad KRALJ und Friedrich HOFMANN</i>	
Work-Life-Balance: Methodische Probleme beim Erforschen eines Konstrukts am Beispiel von Geschlechtsunterschieden	777
<i>Petia GENKOVA</i>	
Belastung und Beanspruchung junger männlicher Arbeitspersonen beim Kommissionieren und einer Kälteexposition von -24°C	781
<i>Mario PENZKOFER, Karsten KLUTH und Helmut STRASSER</i>	
Kontrastempfindlichkeit bei Patienten mit Diabetes mellitus und arterieller Hypertonie	787
<i>Anja SCHLOSSMACHER und Irina BÖCKELMANN</i>	
Methodik zur Untersuchung des Einflusses eines neu entwickelten Musikerstuhls auf die Sitzbelastung von Musikern	791
<i>Christiane APPEL, Johannes PLATH und Regina STOLL</i>	
Mobile Augmented Reality in industriellen Anwendungen: Nutzerzentrierte Fragestellungen und Ansätze für deren Lösung	795
<i>Johannes TÜMLER, Rüdiger MECKE, Fabian DOIL und Georg PAUL</i>	

Doktorandenwerkstatt

Erfassung und Modellierung von Kooperationsprozessen auf Fregatten	801
<i>Daniel LEY</i>	
Operateure in komplexen Mensch-Maschine-Systemen: Theorie und Empirie zur Trias „Ressource, Diagnose- und Prozessführungsleistung“	805
<i>Jens NACHTWEI</i>	
„Guided error training“ für ältere Benutzer interaktiver Systeme	811
<i>Doreen STRUVE</i>	
Entwickler in komplexen Mensch-Maschine-Systemen: Analyse der Antizipationsgüte von Konflikten	815
<i>Saskia KAIN</i>	

Arbeitszufriedenheit in der Sicherheitsbranche: Formen von Arbeits(un)zufriedenheit und deren Konsequenzen für ein mitarbeiterorientiertes Personalmanagement	819
<i>Susan BUTENHOF</i>	
Situation Awareness und emotionale Aspekte in der dreidimensionalen Prozessüberwachung	823
<i>Denise GRAMß</i>	
Methodische Gestaltung von Aufgabenprofilen in Produktionsbereichen der Automobilindustrie	827
<i>Matthias KUNZE, Stev GLÖCKNER und Birgitt SPANNER-ULMER</i>	
Change-Management im Spannungsfeld interkultureller Unterschiede	833
<i>Ralph HENSEL und Birgit SPANNER-ULMER</i>	
Effizienz und Akzeptanz aktueller digitaler Menschmodelle	837
<i>Jens MÜHLSTEDT und Birgit SPANNER-ULMER</i>	
Anthropometrie- und Konditionserkennung mit Kfz-Fahrersitzen	841
<i>Torsten HAUBERT, Holger UNGER und Birgit SPANNER-ULMER</i>	
Head-Up-Displays in Kraftfahrzeugen: Nachweis und Analyse von Vorbereitungseffekten bei koordinierten Lenkbewegungen	845
<i>Peter HOFMANN</i>	
Ausprägung mentaler Modelle als Grundlage beruflicher Handlungskompetenz – dargestellt am Beispiel der Chemielaborantenausbildung	849
<i>Frauke DÜWEL</i>	
Die Doppelrolle von Führung in der betrieblichen Gesundheitsförderung – Eine empirische Untersuchung zu Belastung, Beanspruchung, Bewältigung und gesundheitsförderlicher Führung	853
<i>Barbara WILDE</i>	
Ein Konzept zur Untersuchung des interdisziplinären kollaborativen Problemlöseprozesses beim mechatronischen Konstruieren	857
<i>Monika HACKEL</i>	
Geschäfts- und Arbeitsprozesse in der gewerblich- technischen Berufsbildung	861
<i>Henning KLAFFKE</i>	
Anwendbarkeit von Usability-Methoden in China: Einfluss der Kultur auf die Evaluationsmethoden	865
<i>Mei MIAO</i>	
Betriebsratsarbeit am Maßstab der Belegschaft – Stärken und Verbesserungspotentiale der Belegschaftsvertretung aus Sicht der daraus profitierenden Belegschaft im Hinblick auf den Rollenwandel der Betriebsratsarbeit	869
<i>Ursula RAMI und Hanns Peter EULER</i>	
Habitability in Extreme Environment: Visual Design for Living in Outer Space	873
<i>Lia SCHLACHT, Matthias RÖTTING and Melchiorre MASALI</i>	
Methodik zur systemergonomischen Entwicklung kognitiver Assistenz für komplexe Arbeitssysteme	877
<i>Florian FRIESDORF</i>	
Ergonomic Crisis Management of Heterogenous Multi-agent Systems by Example of Advanced Driving Assistance Systems	881
<i>Marina PLAVSIC</i>	

Validierung einer Methode zur präventiven digitalen Ergonomiebewertung <i>Lars FRITZSCHE</i>	885
---	-----

Workshops

Motion Capturing for Preventive Ergonomic Assessment – Possibilities and Challenges for Practical Application <i>Jürgen KLIPPERT, Lars FRITZSCHE, Thomas GUDEHUS, Jürgen ZICK, Sibylle D. STECK, Ralph EHLER, Alberto BARCENAS, Massimo DI PARDO, Fabrizio SESSA, Rolf ELLEGAST, Florian ENGSTLER und Karlheinz SCHAUB</i>	891
Motion capturing – paper & pencil methods <i>Karlheinz SCHAUB</i>	895
Whole shift workload assessment in field using the ambulatory CUELA system <i>Rolf ELLEGAST and Ingo HERMANN</i>	899
Virtual simulations and ergonomics analysis for automotive assembly task optimization <i>Massimo Di PARDO and Gennaro MONACELLI</i>	903
Kooperationsprogramm zu normativem Management von Belastungen und Risiken bei körperlicher Arbeit (KoBRA): Entwicklung eines Netzwerks <i>Andrea SINN-BEHRENDT, Karlheinz SCHAUB, Kazem GHEZEL-AHMADI, Michaela KUGLER und Ralph BRUDER</i>	909
Medico-Ergonomics <i>Wolfgang FRIESDORF und Florian FRIESDORF</i>	913
Medico-Ergonomics: Ansatz für einen Konzepttransfer <i>Florian FRIESDORF</i>	915
Ergonomie und Normung <i>Stefan KREBS, Norbert BREUTMANN, Georg KRÄMER und Karlheinz SCHAUB</i>	919
Weiterentwicklung der gewerblich-technischen Fachdidaktiken und der Technikdidaktik in Forschung und Lehre <i>Elke HARTMANN, Klaus JENEWEIN, Manuela NIETHAMMER und Peter RÖBEN</i>	923
 Vorstand der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e. V.	 929
Stichwortverzeichnis	931
Autorenverzeichnis	941

Plenarvorträge

Kompatibilität, Leitlinie für ergonomische Arbeitsgestaltung und präventiven Arbeitsschutz

Helmut STRASSER

*Fachgebiet Arbeitswissenschaft/Ergonomie, Universität Siegen,
Paul-Bonatz-Str. 9-11, D-57068 Siegen*

Kurzfassung: Wie bei der Kompatibilität von technischen Produkten durch das Einhalten von Normen und Regeln sollen auch sozio-technische Regelungen und ergonomische Normen zu möglichst weitgehend passenden Nahtstellen zwischen den Human Factors und den technischen Komponenten eines Arbeitssystems führen. Damit soll zum einen optimale Leistung des Systems „Mensch – Arbeit“ erzielt werden, zum anderen müssen unerwünschte Auswirkungen der Arbeit auf den Menschen vermieden werden. Die als oberstes Ziel der ergonomischen Arbeitsgestaltung anzustrebende Kompatibilität zwischen den Eigengesetzlichkeiten bzw. Funktionsprinzipien des menschlichen Organismus einerseits und den gestaltbaren technischen Komponenten eines Arbeitssystems andererseits birgt auch ein hohes Potential an Präventionsmöglichkeiten auf dem Gebiet des Arbeitsschutzes. Am Beispiel ergonomisch gestalteter Arbeitsmittel lässt sich zeigen, dass Kompatibilität mit einer Reduzierung der Prävalenz von Berufskrankheiten und arbeitsbedingten Erkrankungen verbunden ist, und stets zu geringeren physiologischen Kosten derart führt, dass aus einem Weniger an Aufwand der gleiche Output resultiert, u.U. sogar ein Mehr an Leistung möglich wird. Kompatibilität ist auch der raschen Informationsaufnahme und -abgabe in einem Mensch-Maschine-System förderlich, und infolge des weniger hohen Umkodieraufwandes in der Informationsverarbeitung werden zugunsten einer Erhöhung der Arbeitssicherheit mentale Kapazitäten frei. Kompatibilität im Software-Bereich hilft schließlich mit, auch Frustrationen psychischer Art zu vermeiden. Um in der Praxis des Arbeitsschutzes erfolgreich zu sein, hat sich die Ergonomie in Zukunft mehr um anschauliche Beispiele zur Umsetzung des vorhandenen Wissens als lediglich um abstrakte schematische Regelungen und Normen zu bemühen, wobei es den bereits reichhaltigen Erkenntnisstand auf diesem Sektor zu nutzen gilt.

Schlüsselwörter: Reiz-Reiz-, Reaktions-Reaktions- und Reiz-Reaktions-Kompatibilität, Ergonomie, Arbeitsschutz.

1. Normen, Standards und technische Regelwerke

Mehr oder weniger zeitgleich mit der Industrialisierung und Auffächerung der Technik in immer mehr Spezialgebiete hat sich schon zu Beginn des 20. Jahrhunderts in Deutschland das Normenwesen entwickelt. Damals bereits hat Waldemar Hellmich, der erste Vorsitzende des Normenausschusses der Deutschen Industrie, des Vorläufers des heutigen Deutschen Instituts für Normung (DIN), einmal gesagt:

„Das Normalisieren ist eine heikle Sache. Die Interessenten kämpfen häufig nicht mit sachlichen Argumenten, sondern vielfach auch aus wirtschaftlichen Gründen“,
und:

*„Normung ist dort fehl am Platze, wo die Ordnung die Freiheit erschlägt,
und dort notwendig, wo sich die Freiheit der Ordnung entziehen will“.*

Im Hinblick auf das vereinte Europa droht bei dieser oftmals beschrittenen Gratwanderung der Normung zwischen Ordnung und Freiheit so manches Gezerre zwischen sachlichen und wirtschaftlichen Gründen. Und dennoch ist unumstritten, dass der eigentliche Durchbruch der technischen Normen und die Einführung von einheitlichen Standards und verbindlichen Regeln zugleich der Beginn der Massenproduktion war, dass Wohlstand und Wachstum der Industrienationen u.a. darauf beruhen.

Technische Normen, mit denen Qualität und Austauschbarkeit sowie gegenseitige Anpassbarkeit von Konstruktionselementen garantiert werden soll, erlauben eine gewisse Technikbewertung, wobei heute bereits geradezu in einer Flut von Normen, Richtlinien und technischen Regeln ein hoher Grad an Konkretisierung und Verbindlichkeit erreicht wird. Wie aber ist es auf dem Gebiet menschlicher Arbeit mit sozio-technischen Regelungen und Standards bestellt, mit denen u.a. Verbraucherschutz und Arbeitsschutz erreicht werden soll?

Hinsichtlich der Quantität war man sicherlich erfolgreich. In der Praxis können Normen und Regeln zum Arbeitsschutz mit der technischen Entwicklung qualitativ jedoch nicht immer mithalten. Das liegt u.a. daran, dass das heute so weit verbreitete strikte Anwenden von vereinfachten ergonomischen Regeln, Richtlinien oder Handlungsanleitungen, die ohnehin meist nur für selektive Gestaltungsziele eingesetzt werden können, und die kaum jemals den gleich hohen Genauigkeitsanspruch erheben können wie technische Regeln, der meist komplexen Problematik nur schwer anpassbar sind. Wenn verschiedenen physiologischen, psychischen und sozialen menschlichen Belangen in einem Arbeitssystem und zugleich technisch-wirtschaftlichen Forderungen adäquat Rechnung getragen werden soll, wenn also zu den Eigengesetzlichkeiten des Menschen in vielerlei Hinsicht kompatible technisch-organisatorische Bedingungen vorliegen sollen, dann erscheint das oftmals nicht miteinander vereinbar zu sein.

Die erheblichen Diskrepanzen zwischen (auf dem Papier) bestehenden (und zweifellos gut gemeinten) Schutzvorschriften und der Praxis beweisen nach wie vor Berufskrankheiten, arbeitsbedingte Erkrankungen, manche Mühsal und mancher Ärger beim Umgang mit unhandlichen Werkzeugen, oder das legen Fehlzeiten infolge mangelnder Motivation und Frustration nahe.

2. Kompatibilität zwischen den „Human Factors“ und den gestaltbaren technischen System-Elementen eines Mensch – Maschine – Systems

Für den präventiven Schutz des Menschen bei der Arbeit im Zuge einer menschengerechten Gestaltung von Mensch-Maschine-Systemen gilt es, dafür zu sorgen, dass ein höchstmöglicher Grad an Vereinbarkeit zwischen den verschiedenen System-Elementen vorliegt. Das heißt, die technischen Komponenten eines Arbeitssystems sind so auszulegen, dass sie zu den Fähigkeiten menschlicher Eigengesetzlichkeiten passen. Kompatibilität ist also anzustreben zwischen den technischen Möglichkeiten und Notwendigkeiten einerseits und den Fähigkeiten und Eigengesetzlichkeiten, aber auch den Vorstellungen und Erwartungen der Menschen bei der Arbeit andererseits.

Im ergonomischen Sinne lässt sich die erforderliche Abstimmung, wie in Abb. 1 dargestellt, zum einen in der Reiz-Reaktions-Kompatibilität konkretisieren. In einer übergeordneten Betrachtungsweise ist hiermit eine sinnvolle Zuordnung gemeint von Informationen, die im Regelkreis Arbeit auf Anzeigen und Displays dargestellt sind, zu den motorischen Reaktionen, die an einem Stellteil bzw. an einem Gerät erforderlich werden. In der Regel werden dadurch erst die zielgerichteten Aktionen und Reaktionsmöglichkeiten des Menschen zum Zwecke einer sicheren und schnellen Arbeitsweise geschaffen.

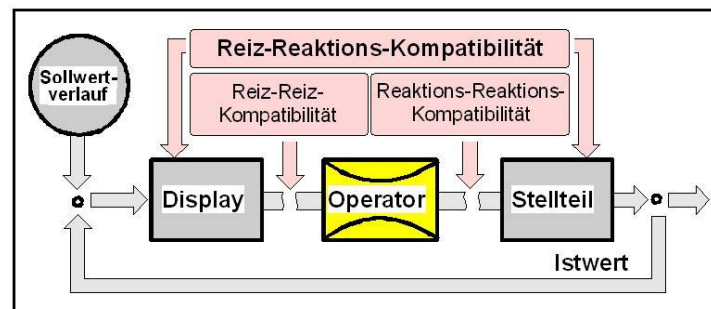


Abbildung 1: Kompatibilität bei der Anpassung von technischem Gerät an die menschlichen Eigenschaften in der sensorischen und motorischen Nahtstelle eines Mensch-Maschine-Systems (Regelkreis Arbeit) sowie sinnfällige Zuordnung von Ursache und Wirkung bzw. Anzeige und Stellteilleffekt (nach Strasser 1993)

Zum anderen ist Reiz-Reiz-Kompatibilität als optimale Anpassung in der sensorischen Nahtstelle anzustreben, um die natürliche Informationsdarstellung und künstliche Anzeigen optimal aufeinander abzustimmen, um dafür zu sorgen, dass die Wirklichkeit und ihr technisches Abbild sich möglichst weitgehend entsprechen.

In gleicher Weise wie bei einer kompatibel gestalteten sensorischen Nahtstelle nur wenig Umkodier-Aufwand erforderlich wird, ist auch auf der motorischen Seite eines Mensch-Maschine-Systems durch Reaktions-Reaktions-Kompatibilität für eine möglichst gute Passung von technischem Gerät und motorischen Eigengesetzlichkeiten des Hand-Arm-Systems zu sorgen, sofern in der Arbeit „Hand angelegt“ werden muss.

Im Folgenden soll aufgezeigt werden, inwieweit durch Arbeitsgestaltung nach Kompatibilitätsaspekten ein Beitrag zum präventiven Arbeits- und Gesundheitsschutz geleistet werden kann. Das soll erst einmal für die Gestaltung der motorischen Nahtstelle in einem Mensch-Maschine-System geschehen, wobei es möglichst weitgehend die Gleichung zu erfüllen gilt, „menschengerecht = handgerecht“, eine Forderung, die allerdings zumindest einen Grundstock an Kenntnissen über die Anatomie und Physiologie des Hand-Arm-Systems erfordert Details zur ergonomischen Qualität handgeführter Arbeitsmittel (siehe u.a. Strasser 2007).

2.1 Beispiele zur Reaktions-Reaktions-Kompatibilität

Mechanische Schwingungen, die von rüttelnden und schüttelnden, sowie vibrierenden Arbeitsgeräten ausgehen und auf das Hand-Arm-System einwirken, führen bekanntlich bei längerer Einwirkdauer neben vorzeitiger Ermüdung und Leistungsbeeinträchtigungen mitunter auch zu erheblichen Gesundheitsgefährdungen. Vor allem, wenn bei handgeführten druckluft-betriebenen Stampfern, Meißeln oder Schlaghämmern Anregungsfrequenzen im Resonanzbereich des Hand-Arm-Systems vorliegen, sind in letzter Konsequenz degenerative Veränderungen und Schädigungen

am Knochen- und Gelenksystem nicht auszuschließen. Das gilt vor allem dann, wenn konventionelle, horizontal ausgerichtete Griffe eine mehr oder weniger starke ulnare Abduktion erzwingen, also Auslenkungen des Handgelenks in Richtung Ellenbogen, die aus anatomisch-physiologischen Gegebenheiten auf maximal etwa 30° beschränkt sind. Wird bei dieser Handhaltung über die beiden Arme Druck auf das Arbeitsgerät ausgeübt, dann resultiert der Anpressdruck an der Arbeitsseite aus den beiden Kraftvektoren, die über die Unterarme in einem stumpfen Winkel auf die Handseite wirken. Die ulnare Abduktion im Handgelenk wiederum verursacht, dass der gesamte Kraftfluss von den Unterarmen auf die Hand über das Mondbein, d.h. eines von 8 Handwurzelknochen verläuft. So kommt es dazu, dass dieses langfristig bei starkem Anpressdruck und hoher Vibrationsbelastung geradezu zerrieben werden kann, da es der unnatürlichen Belastung im wahrsten Sinne des Wortes „nicht gewachsen“ ist.

Diese Abnutzung des Mondbeines mit der Gefahr der Versteifung des Handgelenkes (vgl. Berufskrankheit BKV 2103) kann bereits dadurch reduziert werden, dass der Presslufthammergriff in einer „normalen“ Handhaltung (ohne ulnare Abduktion) angefasst werden kann. Das erfordert lediglich eine Abschrägung der Griffe nach unten und auf den Arbeitenden zu. In dieser Handhaltung verläuft der Kraftfluss über eine deutlich größere Kopplungsfläche, die aus dem Mondbein und aus dem erheblich größeren Kahnbein gebildet wird, zu den Unterarmknochen, so dass die Flächenpressung erheblich reduziert wird, wodurch schließlich die Gefahr der Abnutzung der Handwurzelknochen erheblich vermindert wird.

Neben Arthrosis Deformans oder neben dem vibrationsbedingten vasospastischen Syndrom als Folge von Hand-Arm-Schwingungen bei fingerstatischer Arbeitsweise im Umgang mit frei im Raum fuhrbaren Arbeitsmitteln entstehen nachhaltige Probleme auch bei der fingerdynamischen Betätigung von Stellteilen, d.h. bei fest im Raum angeordneten Arbeitsmitteln. Das sind z.B. bei traditionellen Tastaturen einerseits statische Verspannungen des gesamten Hand-Arm-Schulter-Systems, andererseits aber auch Sehnenscheidenentzündungen, vornehmlich im Bereich der Handgelenke. Das gilt nicht zuletzt deshalb, weil die einmal vor über hundert Jahren gewählte, zum Hand-Arm-System eigentlich inkompatible, räumliche Anordnung des Tastenfeldes in vier horizontalen Reihen sich bis heute im Layout der Standard- bzw. QUERTZ-Tastatur nach deutschen und internationalen Normen gehalten hat (vgl. u.a. DIN 2137 Teil 2).

Die Tendovaginitis – die Sehnenscheidenentzündung – spielt zwar heute als einzige Berufskrankheit im Bürobereich (BKV 2101) nicht mehr die Rolle, wie noch in den 60er Jahren. Das war vorwiegend der Einführung elektrischer Schreibmaschinen und von „Keyboards“ zuzuschreiben, bei denen gegenüber mechanischen Maschinen die notwendige Anpresskraft der Finger auf die Tasten auf etwa ein Zehntel reduziert werden konnte. Dennoch ergeben sich aber aus traditionellen Tastatenfeldern nach wie vor Probleme, deren Ursache in statischen Verspannungen (in Myogelosen) zu suchen ist.

Im Zuge des Bemühens, diese Beschwerden wenigstens zu reduzieren, haben entsprechende arbeitsphysiologische (elektromyographische) Untersuchungen von Zipp et al. (1981) zur Muskelbeanspruchung des Armes in Abhängigkeit von den jeweiligen Gelenkwinkeln bereits vor ca. 25 Jahren ergeben, dass die Beanspruchung einen überproportionalen Verlauf mit zunehmendem Winkel zwischen natürlicher Ausgangslage und einzunehmender Arbeitshaltung aufweist. Zieht man die Konsequenz daraus, dann muss ein erster Schritt zur Teilung des traditionellen Tastatenfeldes mit einem Öffnungswinkel zwischen den beiden Halbtastaturen führen. Ferner

muss das auf eine leicht dachziegelartige Neigung der beiden Hälften hinauslaufen (Details siehe DIN 2137 Teil 13).

Selbst Öffnungswinkel von nur 25° zur Abmilderung der ulnaren Auslenkung der Hand und seitliche Neigungswinkel von lediglich 10° mit entsprechender Abschwächung der Einwärtsdrehung des Armes führten nachgewiesenermaßen (vgl. u.a. Strasser et al. 2007) zu einer wesentlichen Entlastung derjenigen Muskelgruppen, die im Zuge der Abwinklung der Hand und der Einwärtsdrehung des Unterarms statisch beansprucht werden. Derart gestaltete Tastaturen können also – als zu den anatomischen Besonderheiten des Hand-Arm-Systems eher kompatible Arbeitsmittel – präventive Möglichkeiten des Arbeits- und Gesundheitsschutzes darstellen.

Mit einem weiteren Fallbeispiel (vgl. Abb. 2) soll gezeigt werden, dass durch ergonomisch gestaltete und zu den anatomischen Besonderheiten des Hand-Arm-Systems in hohem Maße kompatibel ausgelegte Arbeitsmittel, neben der unmittelbaren positiven Wirkung auf das dabei eingesetzte Hand-Arm-System selbst, auch positive Fernwirkungen in anderen Körperregionen erzielt werden können.

Eine im Auftrag der Bundesanstalt für Arbeitsschutz bereits vor einiger Zeit durchgeführte Studie von Bullinger & Solf (1978) hatte ergeben, dass Herrenfriseure überdurchschnittlich häufig von arbeitsbedingten Erkrankungen in Form von Varizen mit entsprechenden Folgewirkungen im Wadenbereich betroffen waren. Der Herrenfriseur gehört zwar zu den Stehberufen und dürfte damit sicherlich einer erhöhten statischen Belastung ausgesetzt sein. Auf den ersten Blick ist aber dennoch erstaunlich, dass der Umgang mit Kamm und Schere zu Varizen bzw. Krampfadern führt, und dass diese mit dem Arbeitsmittel Schere zu tun haben sollen.

Bullinger und Solf hatten damals in Arbeitsanalysen die auf etwa 60° begrenzten Auslenkmöglichkeiten der Hand in dorsaler Richtung als Hauptursache ausgemacht, eine Zuordnung, die zunächst etwas verwundert. Zur Vermeidung von Staffelschnitten im Nackenbereich muss jedoch der Herrenfriseur die Scherenschneidflächen in die Vertikale bringen. Wegen der beschränkten dorsalen Auslenkmöglichkeit der Hand muss er dazu in der Regel eine nach hinten gebeugte Körperhaltung einnehmen, um bei gleichem Ellenbogenwinkel arbeiten zu können. Dabei wird dann fast das gesamte Körpergewicht auf ein Bein verlagert, wobei wiederum infolge der statischen Belastung im Wadenbereich der Blutfluss gedrosselt wird. Der allgemein erhöhte statische Druck in dieser Körperregion ist sowohl dem venösen Rückstrom als auch der Form der venösen Blutgefäße langfristig nicht gerade zuträglich, so dass Varizen als Folgewirkung zumindest plausibel erscheinen.

Für die entsprechend kompatible Neugestaltung von Friseurscheren waren schließlich die in Abb. 2 auszugsweise angedeuteten anatomischen Besonderheiten richtungweisend. So wurde beachtet, dass erstens das Daumensattelgelenk eine Verschränkung gegenüber den Fingergelenken aufweist, und dass zweitens die natürliche Bewegungsbahn des Daumens nicht auf den Zeigefinger, aber auch nicht auf den kleinen Finger zu, sondern ziemlich exakt auf den Mittelfinger zu verläuft.

Wenn nun der Herrenfriseur – bei der dem Arbeitsobjekt zugewandten Hohlhand – Daumen und Ringfinger in einem Zweifingerzufassungsgriff einsetzt, und dabei vorwiegend den Daumen dynamisch betätigt, dann ist es nur folgerichtig, dass der vom Daumen benutzte Schenkel der Schere entsprechend verkürzt werden muss, um die natürliche Bewegungsbahn zum Mittelfinger hin zu ermöglichen. Ferner sollte auch bei der Form und den Abmessungen des Ringfinger- und Daumenauges an den Fingern Maß genommen werden, und die Hauptachse des elliptisch auszubildenden Daumenauges um einen entsprechenden Abschrägungswinkel versetzt werden, um Kompatibilität zwischen technischen und anatomischen Gelenken zu erzielen.

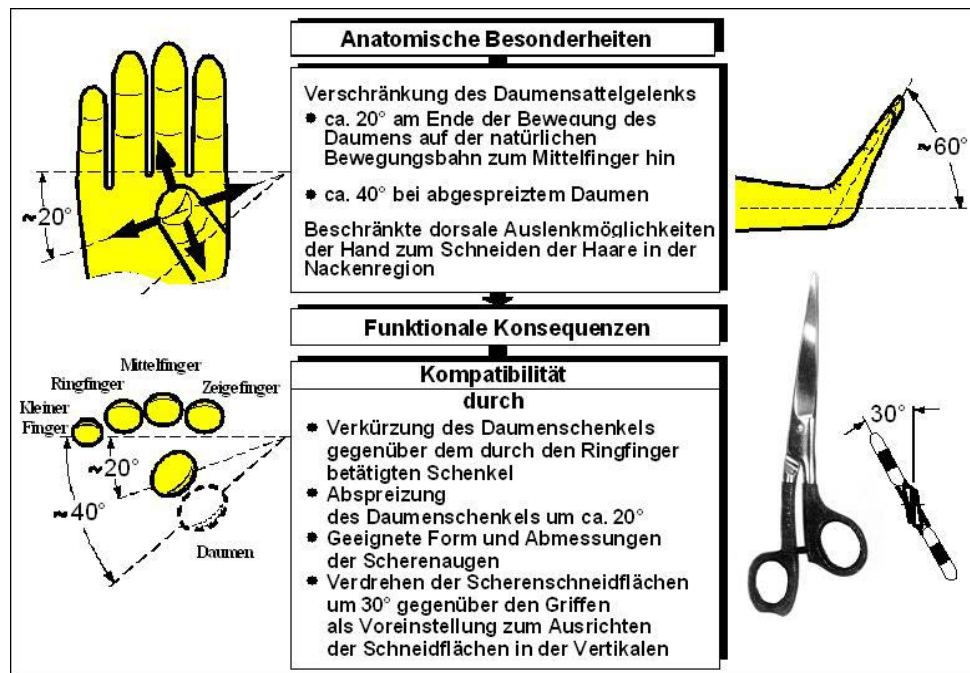


Abbildung 2: Anatomische Besonderheiten und notwendige funktionale Konsequenzen für eine kompatible Gestaltung von Friseurscheren (nach Daten von BULLINGER & SOLF 1978)

Von den oben beschriebenen, detailartigen Verbesserungen kann zwar erwartet werden, dass sie eine bequemere Benutzung ermöglichen, und dass sie langfristig auch weniger zu Deformitäten der Finger der Herrenfriseure führen. Die entscheidende Änderung besteht aber in einer Vorverstellung der Schneidfläche gegen die Handseite derart, dass sich durch ein Aufdrehen der Schneidflächen um ca. 30° gegenüber der Griffseite die ehemals unnatürliche, nach hinten gebeugte Körperhaltung erübrigt, ohne dass dabei bereits Nachteile für die Arbeit des Friseurs bei horizontalem Einsatz der Scheren (in der Kopfregion) entstehen.

Ein weiteres Fallbeispiel aus der Produkt-Ergonomie soll abschließend verdeutlichen, was Kompatibilität der Arbeitsmittelhandseite im Sinne des Slogans „menschengerecht = handgerecht“ bedeutet.

Schraubendreher stellen mithin das am weitesten verbreitete Arbeitsmittel dar, das wohl in jeder Werkzeugkiste, auch der des Hobby- und Heimwerkers, meist sogar in mehrfachen Größen vertreten ist. Dennoch haben Schraubendrehergriffe selten die Form und die Abmessungen, die aus der Anatomie der Hand eigentlich naheliegend sind, so dass oftmals Beschwerden, Muskelschmerzen und Blasen auftreten. Die DIN-konformen Griffe (vgl. DIN 5268 Blatt 2) mit einer geraden Längskontur und rundem Querschnitt, sowie mit einer genuteten rauen Oberfläche, sind weder für den Umfassungsgriff beim Festziehen oder Lösen einer Schraube, noch für den Zufassungsgriff beim schnellen Ein- und Losdrehen einer lockeren Schraube dem natürlichen Handgewölbe nachempfunden. Richtig in der Hand liegen eigentlich nur Griffe, die eine zum Handgewölbe kompatible ballige Längskontur aufweisen, d.h. die eine Doppelkegelmantelfläche haben, und die zur Unterstützung des Reibschlusses bei der Drehmomententfaltung eine auch im Querschnitt geeignete, möglichst große Auflagefläche bieten. Weil Fingerend- und Mittglied sowie Grundglied, Daumenend- und Daumen Grundglied, sowie die Daumen-Zeigefingerfalte ein polygonartiges Gebilde, nämlich einen Sechs-Kant bilden, lässt dieser Querschnitt des Griffes die günstigsten Kopplungsbedingungen erwarten, sofern ein solches Arbeitsmittel für den rotatorischen Arbeitseinsatz vorgesehen ist.

Die biomechanische Kraftübertragung zur Entfaltung von Drehmomenten hängt allerdings auch von der Oberfläche und vom Griffmaterial ab, wobei eine glatte Oberfläche mit leicht konkaven Aushöhlungen für die ballig ausgebildeten Fingerglieder sowie entsprechend reibschlüssige Materialien am griffigsten sind. Bezüglich der ergonomischen Qualität hochklassiger professioneller Schraubendrehergriffe sei auf Kluth et al. (2004, 2007) verwiesen.

2.2 Kompatibilität in der bewegungstechnischen Arbeitsgestaltung

Planungsmethoden zur bewegungstechnischen Arbeitsgestaltung von Montagetätigkeiten, wie „Systeme vorbestimmter Zeiten“, für die allein der Zeitbedarf die maßgebliche Größe ist, bedürfen im Zuge prospektiver und präventiver ergonomischer Denkweisen gewisser Korrekturen und Ergänzungen. So sollten zumindest Bausteine einer Art „System vorbestimmter Beanspruchung“ Beachtung finden (vgl. Strasser 1996). Konstruktiv vorgegebene manuelle Arbeitsrichtungen bei repetitiven Tätigkeiten – wie sie z.B. an Kassenarbeitsplätzen oder bei Montagetätigkeiten vorliegen – müssen in diesem Zusammenhang mit den Vorzugsrichtungen des Hand-Arm-Systems übereinstimmen.

In entsprechenden Grundlagenuntersuchungen (vgl. Strasser & Müller 1999) konnte mit Hilfe der Mehrkanal-Elektromyographie festgestellt werden, dass Umsetzungsbewegungen von verschiedenen Startpunkten im Greifraum zu einem gemeinsamen körpernahen Zielpunkt bei gleicher operationeller Leistung höchst unterschiedliche physiologische Kosten verursachen. Mittels rechnergestützter Analysen der Zeitserien der elektromyographischen Aktivität EA und deren Separation in statische und dynamische Komponenten konnte gezeigt werden, dass Bewegungen aus einem Winkel von etwa 110° - 150° (wie bei vielen Kassenarbeitsplätzen) höchst ungünstig sind. Bei Winkeln um 30° , aber auch bei Bewegungen, die aus dem rückwärtigen Bereich des Greifraumes heraus ausgeführt werden, ist die Muskelbeanspruchung wenigstens um die Hälfte geringer. Auf der Basis derartiger Untersuchungen konnten weitgehend ergonomisch optimale Linksabweiser-Kassenarbeitsplätze entwickelt werden, wobei die Mitte des Bi-Optic-Scanner-Fensters kompatibel zum Ellenbogengelenk des linken Armes angeordnet wurde (vgl. Kluth & Strasser 2005).

2.3 Kompatibilität zwischen anatomischen und funktionalen Gelenken bei Sitzmöbeln

Der arbeitswissenschaftlichen Bedeutung des Sitzens bei der Arbeit, speziell im Büro- und Verwaltungsbereich, und dem hohen Potential an präventivem Gesundheitsschutz entsprechend, sei mit Abb. 3 zumindest angedeutet, dass auch hier die Forderung nach Kompatibilität in funktionalen Bereichen über ästhetisch-designerische Ansprüche und Forderungen nach Normen (u.a. DIN EN 1335) gestellt werden muss.

Ein für dynamisches Sitzen geeignetes Sitzmöbel muss, neben der Erfüllung einer Reihe von ergonomischen Forderungen (wie z.B. ausreichender Höhenverstellbarkeit, Abmessungen von Sitz und Lehne sowie Optimierung der Sitzdruckverteilung), in allen Sitzlagen vor allem Unterstützung im Lendenwirbelbereich bieten. Bei Sitzpositionsänderungen sollte der „Hemdauszieheffekt“ infolge von Relativverschiebungen zwischen Rückenlehne und Rücken vermieden werden. Ferner sollten beim Wechsel in die hintere Sitzhaltung die Unterschenkel nicht vom Boden abgehoben werden. Möglich ist das nur, wenn die jeweiligen anatomischen und funktionalen Gelenke aufeinander ausgerichtet sind, wenn also der Drehpunkt für die Sitzfläche nicht

über der Sitzsäule liegt, sondern in den Bereich der Sitzvorderkante, in die Nähe des Kniegelenkes, verlagert wird, und wenn auch der Drehpunkt für die Rückenlehne in der Vertikalen mit dem Ort des Hüftgelenkes zur Deckung gebracht wird. Synchron aufeinander abgestimmte Schwenkbereiche von Sitz und Lehne (möglichst im Verhältnis 10° zu 20° oder etwas mehr) sind also das Ergebnis der kompatiblen Ausrichtung funktionaler Elemente des Sitzmöbels an den physiologischen Eigengesetzlichkeiten des „homo sedens“.

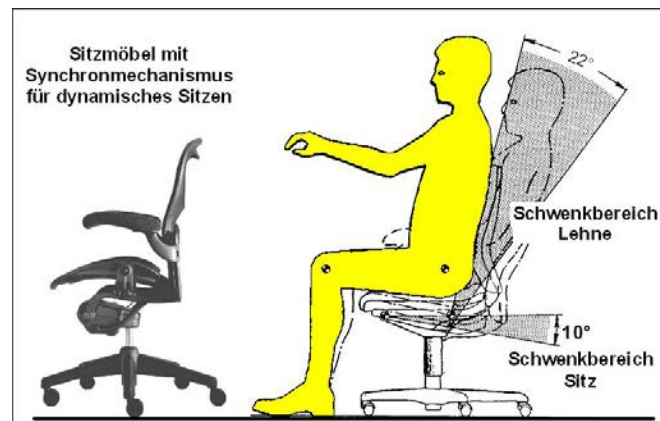


Abbildung 3: Kompatibilität zwischen den anatomischen Gelenken „Knie“ und „Hüfte“ und den funktionalen Gelenken von Sitzschale und Lehnenkonstruktion

2.4 Kompatibilität in räumlicher Hinsicht

Für das Sitzen in räumlich beengten Verhältnissen kommt der Kompatibilität von Körperabmessungen und dem konstruktiv vorgesehenen Platz eine besondere Bedeutung zu, wobei nicht von vornherein vom Durchschnitt (d.h. von 50-Perzentil-Werten) abweichende potentielle Nutzergruppen ausgeschlossen werden dürfen. Hierzu wollen DIN 33 408 bzw. DIN EN ISO 15 536-1 mit Normschablonen bzw. Computer-Manikins z.B. für die passende Auslegung von Fahrzeuginnenräumen eine konstruktive Hilfe bieten. Es wäre wünschenswert, wenn primären Nutzerbedürfnissen Rechnung getragen würde und auch stets für den nötigen Sachverstand bei der Anwendung der „richtigen“ Schablonen der menschlichen Gestalt bzw. der Software-Tools gesorgt wäre. Mancher Automobilkonzern macht nämlich mitunter ganz gern mit ergonomischen Slogans Werbung, wenn etwa verheißungsvoll versprochen wird:

„Wir bauen Autos, die nicht nur Technik transportieren, sondern Menschen“.

Andererseits werden die Prioritäten aber nicht immer richtig gesetzt, und „nolens volens“ wird dem Fahrer bei mangelhaften Innenraumabmessungen alles mögliche an technischer Assistenz „angedient“, das mitunter sogar von der eigentlichen Aufgabe ablenkt, den „Fahrspaß“ einschränkt und eigentlich nicht benötigt wird.

2.5 Reiz-Reiz-Kompatibilität

Im Folgenden sei zumindest andeutungsweise erläutert, was unter Reiz-Reiz-Kompatibilität in der sensorischen Nahtstelle eines Mensch-Maschine-Systems zu verstehen ist. Für Bildschirmarbeitsplätze kommt diesem Gestaltungsziel u.a. zur Vermeidung von Störungen des Sehapparates und von asthenopischen Beschwerden sogar eine hohe Bedeutung zu. Weil z.B. Texte von Manuskriptvorlagen, die in der Regel in schwarzen Zeichen auf hellem Grund des weißen Papiers repräsentiert sind, in einen PC einzugeben sind, sollte es außer Frage stehen, dass Bildschirme

mit Positivdarstellung von ebenfalls dunklen Zeichen auf hellem Grund eher kompatibel sind, als Bildschirme mit einem dazu inversen Kontrast von hellen Zeichen auf dunklem Grund. Das gilt auch für CAD-Arbeitsplätze. Bei Kompatibilität zwischen natürlicher und technischer Anzeige ist bei gleichem zahlenmäßigen Kontrast die Sehschärfe höher, die Gefahr von Reflexblendungen durch spiegelnde Störlichtquellen geringer, und dem Auge wird weniger an Adaptationsaufwand abverlangt (vgl. Krueger 1989).

Kompatibilität zum Zwecke der Reduktion des physiologischen Aufwandes, aber auch des schnellen und sicheren Informationsflusses zwischen technischem Gerät und Sinneskanal Auge, verlangt auch eine orthogonale Draufsicht, d.h. Neigung und Absenkung des Bildschirms wie in Abb. 4 so, dass die entspannte Sehachse senkrecht auf die Bildschirmoberfläche trifft. Nur bei zweigeteilten Tischen können sowohl manuelle als auch visuelle Arbeitshöhen optimiert werden.

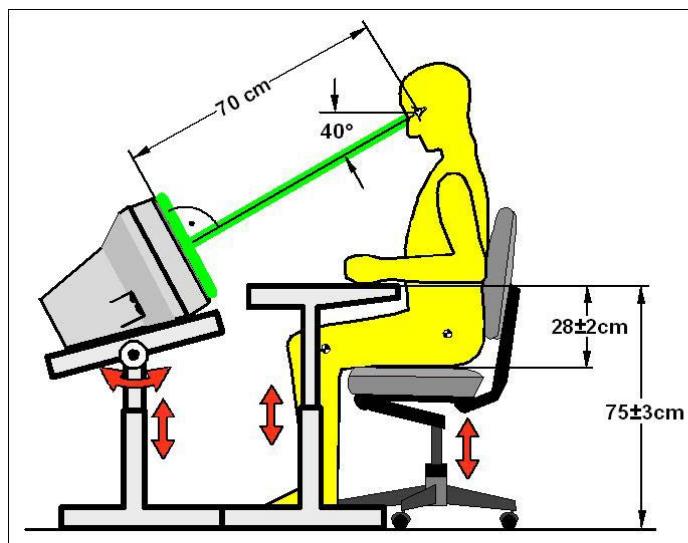


Abbildung 4: Zweigeteilter höhenverstellbarer Tisch zur individuellen Einstellung der manuellen und visuellen Arbeitshöhe bei orthogonaler Draufsicht auf den Bildschirm

2.6 Reiz-Reaktions-Kompatibilität

Kompatibilität ist nach klassischer ergonomischer Denkweise in erster Linie bei einer sinnvollen Zuordnung von Ursache und Wirkung gegeben. D.h. Reaktion und Effekt müssen mit einer auslösenden Aktion in einen eindeutigen Zusammenhang gebracht werden können. Die Zuordnung eines Stellteiles und eines Zeigers auf einer Skala ist dann optimal, wenn auch die Bewegungsformen von Stellteil und Zeiger auf einer Skala sich voll entsprechen. Schieberegler mit geradlinigen, d.h. translatorischen Auslenkungen und horizontale Langfeldskalen oder Drehknöpfe und Rund- bzw. Sektorskalen können an Eindeutigkeit nicht mehr überboten werden, so dass dabei auch unter dem Aspekt der Arbeitssicherheit ein Optimum erzielbar ist.

Für die räumliche Anordnung von mehreren Anzeigen und Stellteilen auf einem Panel oder einem Armaturenbrett muss selbstverständlich ebenfalls eine höchstmöglich eindeutige Lösung angestrebt werden. Zwei, wie in Abb. 5 übereinander liegende Sektorskalen sind z.B. weder nach der Anordnung A, noch nach B den jeweils nebeneinander platzierten Stellteilen sicher zuzuordnen. Selbst die Lösung C besitzt nicht den höchsten Grad an Ordnung, so dass Sensorlinien sicher nicht überflüssig sind, wogegen Verwechslungen in der Zugehörigkeit der beiden Instrumente zu den Stellteilen bei der Lösung D absolut ausgeschlossen sind.

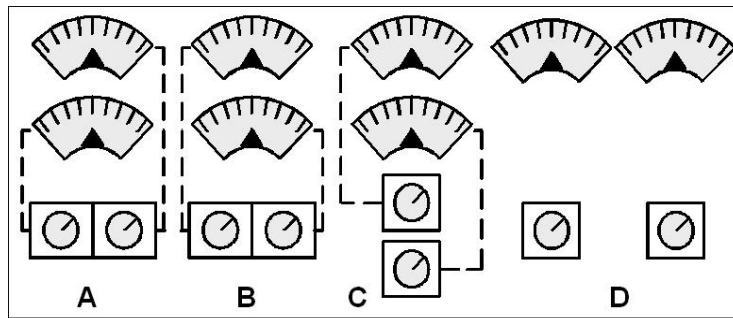


Abbildung 5: Räumliche Zuordnung von mehreren Stellteilen zu Anzeigen mit von A nach D steigendem Grad an Eindeutigkeit, wobei die Anordnungen A und B ohne Zuordnungspfade (Sensorkurven) nicht kompatibel wären

2.7 Kompatibilität in der Software-Ergonomie und von Maßsystemen der Belastung

Das Ziel zunehmend an Bedeutung gewinnender software-ergonomischer Bemühungen ist, den Grad an Reiz-Reaktions-Kompatibilität im Umgang mit Informations- und Kommunikationssystemen, aber auch bei Handys oder Fahrer-Assistenz-Systemen zu erhöhen. Bereits ein einfaches Textverarbeitungssystem, das nach nutzerfreundlichen Kriterien ausgelegt ist, muss in natürlicher Sprache dialogfähig sein, muss in einem „Frage- und Antwort-Spiel“ über die Benutzeroberfläche „Bildschirmmaske“ handhabbar sein. Es darf den Nutzer nicht unnötigerweise zu den oftmals verschlungenen Pfaden im Dschungel interner Verknüpfungen von Programmstrukturen führen (vgl. Krueger 1989). Nur wenn ein System die Fragen des Benutzers als „Schlüsselreize“ zu verstehen weiß und eindeutige Antworten ohne „Wenn und Aber“ zu geben vermag, die im Programmablauf weiterhelfen, kann von Kompatibilität der Software gesprochen werden. Ansonsten wird unweigerlich das Gefühl des „Ausgeliefertseins“ bzw. der Hilflosigkeit im Umgang mit dem System entstehen.

Der Reiz-Reaktions-Kompatibilität abträglich ist dabei oftmals sogar ein „Zuviel“ an technisch realisierbarer Kapazität, an verschiedensten Optionen und allen erdenklichen programmtechnischen Möglichkeiten in Relation zu dem meist erheblich geringeren Bedarf des „normalen“ Nutzers. Die Gestaltung benutzergerechter Mensch-Computer-Dialoge gewinnt also immer mehr an Bedeutung, wobei jedoch eine tayloristische Arbeitsteilung bei der Erstellung der Produkte durch Software-Informatiker letztendlich meist kontraproduktiv ist.

Unglücklicherweise sind mitunter auch Maßsysteme für Belastungen in der Arbeitswelt nicht mit den subjektiven Empfindungen des Menschen kompatibel (vgl. Strasser 2005). So wird z.B., wie aus Abb. 6 hervorgeht, die Stärke von Schallbelastungen generell mit dem logarithmischen Maßsystem des „Dezibels“ gemessen, einer Größe und Einheit, die auf das Weber-Fechner'schen Gesetz zurückgeht, wonach eine absolute Empfindungsänderung DE angeblich das Resultat einer relativen Reizänderung (DR / R) ist. Der logarithmische Zusammenhang zwischen dem Pegel L und dem Schalldruck p ($L = 20 \cdot \log(p / p_0)$) und der Lautstärke-Empfindung ($E = K \cdot \log(R / R_0)$, mit dem physikalischen Reiz R , bezogen auf den Schwellenreiz R_0), ist zwar formal richtig. Eine akustische Belastung von z.B. 100 dB wird aber nicht lediglich doppelt so laut empfunden wie ein Pegel von 50 dB. Sie repräsentiert sogar das „100.000-fache“ von 50 dB oder bereits das Doppelte an Schallenergie, die bei nur 3 dB weniger in 97 dB steckt. 100 dB werden etwa doppelt so laut empfunden wie 90 dB. Damit stellen 100 dB also eine absolut andere akustische Welt dar als 50 dB. Selbst eine Pegelzunahme um 10 oder 20 dB wird deshalb nicht selten total unterschätzt.

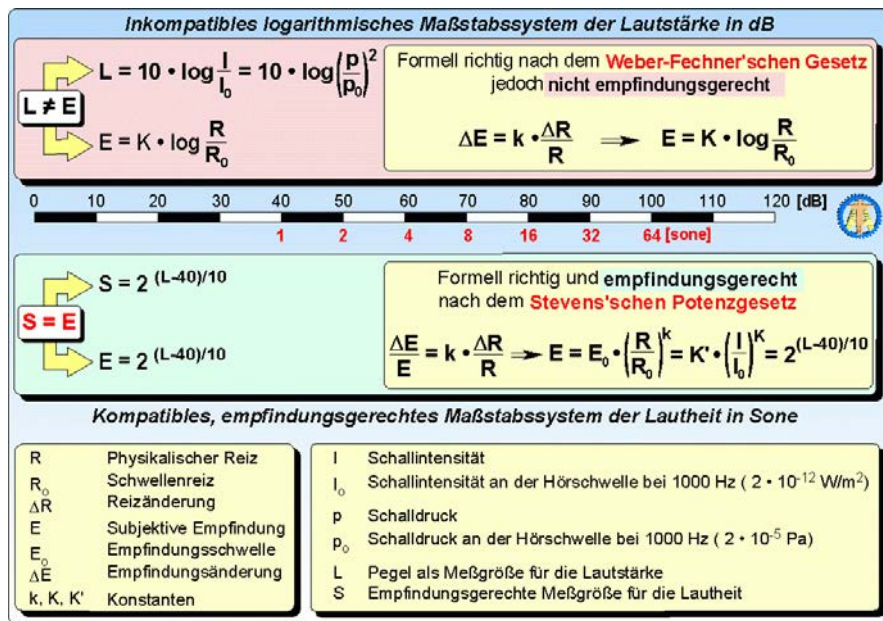


Abbildung 6: Inkompatibles logarithmisches Maßstabssystem der Lautstärke in dB (oben) und kompatibles, empfindungsgerechtes Maßstabssystem der Lautheit in Sone (Mitte)

Weil eben nicht das Weber-Fechner'sche Gesetz, sondern das Stevens'sche Potenz-Gesetz bewiesenermaßen Gültigkeit besitzt, ist das logarithmische Maßsystem absolut inkompatibel zu den Empfindungen. Mit der Einheit „Sone“ existiert jedoch ein einigermaßen empfindungsgerechtes Maßstabssystem, wonach jeweils eine Veränderung um 10 dB mit einer Verdopplung bzw. Halbierung des Lautheits-Empfindens verbunden ist, die sich im Faktor „2“ des Sone-Wertes widerspiegelt.

Die Verwendung des allseits dominierenden „dB“ schafft nicht selten Verwirrung und führt zu gravierenden Fehleinschätzungen, ebenso wie die Verwendung des A-Filters für die Frequenzbewertung von Schallbelastungen im gesamten Dynamikbereich oder auch das unbedachte Benutzen des Energie-Äquivalenz-Prinzips. Würden z.B. Geldgeschäfte in dB abgerechnet, würde man mit Sicherheit wesentlich problembewusster mit der dB-Skala „umgehen“ als das häufig leichtfertig geschieht. Wahrscheinlich hätte man die inkompatible Einheit längst abgeschafft.

3. Ausblick

Zusammenfassend sei noch einmal betont, dass die stets erstrebenswerte Kompatibilität zwischen den Eigengesetzlichkeiten und Funktionsprinzipien des menschlichen Organismus einerseits und den gestaltbaren technischen Komponenten eines Arbeitssystems andererseits ein hohes Potential an Präventionsmöglichkeiten auf dem Gebiet des Arbeits- und Gesundheitsschutzes birgt. Kompatibilität führt stets zu geringeren physiologischen und kognitiv-psychologischen Kosten derart, dass aus einem Weniger an Aufwand der gleiche Output resultiert, u.U. sogar ein Mehr an Leistung möglich wird, dass also sogar eine Harmonisierung von Humanaspekten und wirtschaftlichen Zielen in der Arbeitswelt nicht nur graue Theorie bleiben muss. Bei Maßsystemen zum Messen, Bewerten und Beurteilen von Umgebungsbelastungen müsste – um Verwirrungen und Fehleinschätzungen zu vermeiden – Kompatibilität mit den Eigengesetzlichkeiten der jeweiligen Sinnesorgane bestehen. Es bedarf in Zukunft vereinter Bemühungen der Ergonomie und des Arbeitsschutzes, der Ar-

beitsmedizin und der Arbeitspsychologie, wenn z.B. im Zuge der „Integration ergonomischer Faktoren in den Konstruktionsprozess“ (vgl. u.a. Krebs 2007) der „Ganzheit“ Mensch Rechnung getragen und in der Arbeitsgestaltung das vielzitierte Motto „Der Mensch sei das Maß aller Dinge“ wirklich beherzigt werden soll.

4. Literatur

1. BKV 2101 1963, Erkrankungen der Sehnenscheiden oder des Sehnengleitgewebes sowie der Sehnen- oder Muskelansätze, die zur Unterlassung aller Tätigkeiten gezwungen haben, die für die Entstehung, die Verschlimmerung oder das Wiederauftreten der Krankheit ursächlich waren oder sein können.
2. BKV 2103 2005, Merkblatt zur Berufskrankheit Nr. 2103 der Anlage zur Berufskrankheiten-Verordnung (BKV), Erkrankungen durch Erschütterung bei Arbeit mit Druckluftwerkzeugen oder gleichartig wirkenden Werkzeugen oder Maschinen, Bundesarbeitsblatt 2005 (3), 51-54.
3. Bullinger, H.-J. & Solf, J.J. 1978, Produkt-Ergonomie hilft Berufskrankheiten vermeiden - Exemplarische Darstellung der Ursachenanalyse und der Problemlösung, REFA-Nachrichten, 31, 17-21.
4. DIN EN 1335-1: 2002, Büro-Arbeitsstuhl, Teil 1, Maße – Bestimmung der Maße. Berlin: Beuth Verlag.
5. DIN 2137 Teil 2: 1995, Büro- und Datentechnik – Tastaturen: Deutsche Tastatur für die Text- und Datenverarbeitung, Tastenanordnung und Belegung mit Schriftzeichen. Berlin: Beuth Verlag.
6. DIN 2137 Teil 13: 1995, Büro- und Datentechnik – Tastaturen: Deutsche Tastatur für die Daten- und Textverarbeitung – Tastenanordnung für geteilte Tastaturen. Berlin: Beuth Verlag.
7. DIN 33 408, Teil 1: 1987, Körperumrißschablonen für Sitzplätze. Berlin: Beuth Verlag.
8. DIN 5268 Blatt 2: 1973, Schraubendrehergriffe. Berlin: Beuth Verlag.
9. DIN EN ISO 15 536-1: 2005, Ergonomie – Computer-Manikins und Körperumrißschablonen – Teil 1: Allgemeine Anforderungen. Berlin: Beuth Verlag
10. Kluth, K., Chung, H.-C. & Strasser, H. 2004, Verfahren und Methoden zur Prüfung der ergonomischen Qualität von handgeführten Arbeitsmitteln. Heidelberg: Dr. Curt Haefner Verlag.
11. Kluth, K. & Strasser, H. 2005, Physiologische Kosten bei der Arbeit an der Discounter-Kasse – Linksabweiser-Scannerkasse versus traditionelle Kasse mit manueller Preiseingabe, Zeitschrift für Arbeitswissenschaft, 59, 263-272.
12. Kluth, K., Chung, H.-C. & Strasser, H. 2007, Ergonomic quality and design criteria of professional-grade screwdrivers, Chapter 10.1. In: H. Strasser (Edt.), Assessment of the Ergonomic Quality of Hand-Held Tools and Computer Input Devices. Amsterdam: IOS Press, 153-172.
13. Krebs, St. 2007, Ergonomie und Maschinensicherheit – DIN EN 614-1 – Bedeutung und Inhalte von Ergonomienormen, DIN Mitteilungen, 23-26.
14. Krueger, H. 1989, Arbeiten mit dem Bildschirm – aber richtig! München: Arbeitswissenschaftliche Schriftenreihe des Bayerischen Staatsministeriums für Arbeit und Sozialordnung, 9. Ausgabe. München: Bayerischen Staatsministeriums für Arbeit und Sozialordnung.
15. Strasser, H. 1993, Kompatibilität, Kap. 2.4.5. In: Th. Hettinger & G. Wobbe (Hrsg.), Kompendium der Arbeitswissenschaft. Ludwigshafen/Rhein: Kiehl-Verlag, 274-288.
16. Strasser, H. (Hrsg.) 1996, Beanspruchungsgerechte Planung und Gestaltung manueller Tätigkeiten. Landsberg/Lech: Ecomed Verlag.
17. Strasser, H. & Müller, K.-W. 1999, Favourable movements of the hand-arm system in the horizontal plane assessed by electromyographic investigations and subjective rating, International Journal of Industrial Ergonomics, 23, 339-347.
18. Strasser, H. 2005, Problems of measurement, evaluation, and rating of environmental exposures in occupational health and safety associated with the dose maxim and energy equivalence principle, Chapter 1. In: H. Strasser (Edt.), Traditional Rating of Noise Versus Physiological Costs of Sound Exposures to the Hearing. Amsterdam: IOS Press, 1-24.
19. Strasser, H. (Edt.) 2007, Assessment of the Ergonomic Quality of Hand-Held Tools and Computer Input Devices. Amsterdam: IOS Press.
20. Strasser, H., Fleischer, R. & Keller, E. 2007, Muscle strain of the hand-arm-shoulder system during typing at conventional and ergonomic keyboards, Chapter 5.1. In: H. Strasser (Edt.), Assessment of the Ergonomic Quality of Hand-Held Tools and Computer Input Devices. Amsterdam: IOS Press, 75-88.
21. Zipp, P., Haider, E., Halpern, N., Mainzer, J. & Rohmert, W. 1981, Untersuchungen zur ergonomischen Gestaltung von Tastaturen, Zentralblatt für Arbeitsmedizin und Arbeitsschutz, 31, 326-330.

Der Forschungsansatz des Lehrstuhls für Ergonomie

Heiner BUBB

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

Kurzfassung: Den grundsätzlichen Forschungsansatz des Lehrstuhls für Ergonomie charakterisiert die Vorstellung, dass bezüglich des zu gestaltenden Objektes bzw. der Einflüsse auf das zu gestaltende Objekt Modellvorstellungen vorhanden sein müssen, die in gewissem Rahmen eine Vorhersage des Verhaltens erlauben. Dementsprechend lag der Forschungsschwerpunkt des Lehrstuhls für Ergonomie einmal auf der Entwicklung des Menschmodells RASMSIS. Daneben bildeten aber Untersuchungen insbesondere zu den Interaktionsmodalitäten für den Informationsfluss zwischen Mensch und Maschine einen wesentlichen Gegenstand der Forschung, wobei hier vor allem die Eigenschaften von Bedienelementen, die Beherrschung der Dynamik der Maschine sowie der Zusammenhang von menschlicher Zuverlässigkeit und Kompatibilität interessierte. Zentraler Gegenstand der Forschung wurde dabei das Automobil: so erfolgte unter anderem die Entwicklung einer Abstandsanzeige, eines aktiven Stellteils und Gaspedals, wobei die durchgeführten Untersuchungen eine einfache Gestaltungsregel nahe legen: Der Fahrer sollte haptisch vermittelt bekommen, was er tun soll und optisch, warum er es tun soll. Weiterhin sollten automatisierte Funktionen so gestaltet werden, dass ihr Bedienungsaufwand nicht größer ist, als die entsprechende unmittelbare Bedienung von Hand.

Schlüsselwörter: Menschmodell, Mensch-Maschine-Interaktion, kognitive Modelle, Abstandsanzeige, aktive Stellteile.

1. Geschichte des Lehrstuhls

Im Zuge der Tendenz zu Beginn der 60er Jahre des vergangenen Jahrhunderts wurde wie in vielen anderen Hochschulen Deutschlands auch an der damaligen Technischen Hochschule München die Arbeitswissenschaft etabliert, indem 1962 in der Fakultät für Maschinenwesen das Institut für Arbeitsphysiologie unter Leitung von Prof. Dr. med. Müller-Limmroth und in der Fakultät für Allgemeine Wissenschaften das Institut für Arbeitspsychologie unter Leitung vom Prof. Dr. rer. nat. H. Schmidtke eingerichtet wurde. Schon kurze Zeit später beantragte Prof. Schmidtke die Umbenennung in „Institut für Ergonomie“ und berücksichtigte so die von ihm favorisierte Forschungsintention. Nach der Emeritierung von Prof. Müller-Limmroth wurde das Aufgabengebiet und die verbliebenen Mitarbeiter der Arbeitsphysiologie in den von Prof. Schmidtke geleiteten Lehrstuhl übergeführt und der so geschaffene Lehrstuhl für Ergonomie (LfE) im Institut für Produktionstechnik der Fakultät für Maschinenwesen integriert. Mit diesem Schritt wurde der besonders von Prof. Schmidtke konsequent verfolgte Forschungsansatz honoriert, der - ähnlich wie es Charakteristikum vieler technischer Handbücher ist - „harte“ technische Vorgaben anstrebte, durch deren Beachtung menschliche Eigenschaften und Fähigkeiten in der Arbeit im technischen Umfeld berücksichtigt werden sollten. Die ersten Früchte dieses Ansatzes

wurden in der „Ergonomische Bewertung von Arbeitssystemen (EBA)“ (1976) zusammengetragen. Dieses Konzept wurde in der Folgezeit immer mehr verfeinert und detailliert und schließlich als ein computerbasiertes Datenbanksystem (EDS, Ergonomische Datenbank System mit rechnergestütztem Prüfverfahren) angeboten. Aus namensrechtlichen Gründen steht das System heute als EKIDES (Ergonomics Knowledge and Intelligent Design System) zur Verfügung. Es stellt eine reine Belastungsanalyse dar, die nach Möglichkeit auf messtechnisch erfassbare Daten zurückgreift. Durch nichts wird die grundsätzliche Forschungsidee des LFE besser charakterisiert als durch dieses System. Natürlich wurden die Daten, die für dieses System aus der Literatur zusammengetragen worden sind, auch durch eigene Untersuchungen ergänzt. Zu erwähnen ist hier das groß angelegte Projekt des BMBF, in dem für Körperkräfte ein ähnlicher Perzentilkatalog angelegt werden konnte, wie er weltweit für die geometrischen anthropometrischen Daten üblich ist (Rühmann & Schmidtke 1991).

2. Einbettung der Mikro-Ergonomie in die Zielsetzungen der Arbeitswissenschaft

Wiewohl das große Gebiet der Arbeitswissenschaft alle Aspekte menschlicher Arbeit zum Gegenstand der Forschung hat, angefangen von dem weiten Feld gesellschaftlicher über die betriebsorganisatorischen Aspekte bis hin zur unmittelbaren Arbeitsorganisation (sog. Macro-Ergonomics; Abbildung 1 gibt dazu einen kurzen Überblick), beschäftigt sich der Lehrstuhl für Ergonomie ganz bewusst mit der engeren Interaktion zwischen dem Menschen und der Maschine (sog. Micro-Ergonomics) mit der Zielsetzung, Regeln und Vorschläge zu entwickeln und systematisieren, die diese Interaktion sowohl im Hinblick auf die Leistungsfähigkeit des Systems als auch im Hinblick auf die Ansprüche an Zufriedenheit und Komfort des Nutzers optimiert. Als wesentlicher Grundgedanke dafür dient das Belastungs-Beanspruchungskonzept. Die Belastung durch Aufgabe, Umwelt und technische Bedingungen beschreibt dabei die gestaltbaren Größen. Diese führen aufgrund der individuellen Eigenschaften und Fähigkeiten zu der personenbezogenen Beanspruchung. Gerade um diese sachgerecht abzuschätzen, sind die in Abbildung 1 aufgeführten Einflussgrößen zu berücksichtigen.

Speziell wurden über eine lange Strecke der Aktivität des Lehrstuhls hinweg Fragen zur sog. Umweltergonomie experimentell bearbeitet, insbesondere zur Beleuchtung (Bubb et al. 1984), zum Schall (Bubb et al. 1978), zum Klima (Meyer 1983) und zu mechanischen Schwingungen (Rühmann 1984; Rausch 1990).

3. Grundsätzlicher Forschungsansatz

Der grundsätzliche Forschungsansatz leitet sich aber von der aller technischen Forschung zugrunde liegenden Vorstellung ab, dass bezüglich des zu gestaltenden Objektes bzw. der Einflüsse auf das zu gestaltende Objekt Modellvorstellungen vorhanden sein müssen, die in gewissem Rahmen eine Vorhersage des Verhaltens erlauben. Die in den 70er Jahren unter Leitung von Prof. H. W. Jürgens entwickelte „Körperumrisschablone für Sitzarbeitsplätze nach DIN E 33 408“, die sog. „Kieler Puppe“, war dafür ein einzigartiges Vorbild. Sie ist nicht nur geeignet, die geometrische Gestaltung von Arbeitsplätzen an den anthropometrischen Bedingungen des

Menschen zu orientieren, sondern sie kann auch als Messwerkzeug dienen, die Körperhaltung von realen Menschen zu objektivieren (Bubb & Kain 1986).

Betriebsorganisatorische Aspekte

Aufbauorganisation

- Liniensystem
- Stabsystem
- parallele Sekundärorganisationen

Arbeitswirtschaft

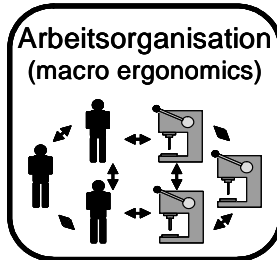
- Zeitwirtschaft (REFA)
- Arbeitsbewertung und Entgelt

Arbeitszeit

- Zeitdruck
- Schichtarbeit
- Teilzeit
- Wochenendarbeit
- Homeworking
- tägliche, wöchentliche, monatliche, jährliche Stundenzahl

Organisatorische Maßnahmen zur Verbesserung der

- Arbeitssicherheit
- Qualität
- Systemzuverlässigkeit



Gesellschaftliche Aspekte

Gesellschaftliche Wertung der Arbeit:

- Technologischer Wandel
- Qualifikations- und Bildungssystem
- Arbeitslosigkeit
- Karriereverläufe
- Berufsprobleme von Personen, deren Aufgabe die persönliche Betreuung anderer ist (z.B. medizinisches Personal, Lehrer)

Demografische Bedingungen:

- Alterspyramide
- Frauen
- ältere Mitarbeiter
- Behinderte

Kulturelle und überkulturelle Fakten

- Traditionen
- Technikverständnis
- Ergonomie in Ländern der 3. Welt

Abbildung 1: Gegenstand Arbeitswissenschaftlicher Forschung, der u.a. die Grundlage für die korrekte Abschätzung der durch die individuellen Eigenschaften und Fähigkeiten modifizierten Beanspruchung liefert

Mit den aufkommenden Möglichkeiten der Rechner-technologie lag es nahe, die zweidimensionale Körperumriss-schablone durch dreidimensionale Modelle des Menschen zu ersetzen. Es kam dem Lehrstuhl sehr zugute, dass er gemeinsam mit der Firma Techmath den Zuschlag für die Durchführung des FAT-Forschungsprojekts „Softdummy“ erhielt. Auf diese Weise entstand das Menschmodell RAMSIS (Bubb et. al. 1990), das inzwischen weltweit von über 70% aller Automobilfirmen genutzt wird, um das sog. Packaging, d.h. die geometrische Anpassung des Fahrzeuginnenraums an die anthropometrischen Bedürfnisse des Menschen hinsichtlich Bewegungsfreiheit, Sicht und Komfort so durchzuführen, dass möglichst viele spätere Nutzer mit dem Produkt zufrieden sein können. Auch bei RAMSIS lag die Idee zugrunde, das Menschmodell selbst als Maßstab für die experimentelle Erfassung der Daten zu verwenden, die dann Grundlage für die diversen Modellierungen sind. Das gilt für den Bereich der anthropometrischen Modellierung, also für die äußere geometrische Gestalt des Menschmodells in gleicher Weise wie für die Modellierung der Körperhaltung in Abhängigkeit von äußeren Umgebungsbedingungen (Schmidtke et al. 1994) bis hin zur Modellierung von Körperkontakt mit Sitzen (Mergl et al. 2005) und Körperbewegungen (Arlt & Bubb 1999; Cherednichenko et al. 2006). Ein erstaunliches Ergebnis von all diesen Modellierungen ist, dass die Individualität im Wesentlichen durch die individuellen anthropometrischen Maße zustande kommt, d.h. ein Sitz, der zur gleichen Sitzdruckverteilung führt, bewirkt auch das gleiche Diskomfortempfinden und Versuchspersonen zeigen gleiche Bewegungsmuster, wenn die äußeren Bedingungen in Relation zu den individuellen anthropometrischen Bedingungen gleich sind.

Die Modellierung der Körperbewegungen, die ja von den motorischen Zentren des Gehirns gesteuert werden, weisen bereits auf die Verknüpfung von anthropometrischen Modellen und kognitiven Modellen hin, die der zweite Schwerpunkt der Forschung des Lehrstuhls für Ergonomie geworden ist (Bubb 2007). Wie bei der „traditionellen“ anthropometrischen Gestaltung, die nicht unbedingt von anthropometrischen Menschmodellen ausgeht, sondern Tabellenwerte verwendet und im Experiment untersuchte Konstellationen bewertet, war und sind hier zunächst auch verschiedene Interaktionsmodalitäten für den Informationsfluss zwischen Mensch und Maschine Gegenstand der Forschung. Zu erwähnen sind dabei besonders die Untersuchungen zu Eigenschaften von Bedienelementen (Schmucker 1969; Pretsch 1969; Seibt 1972; Rühmann 1978) und die Beherrschung der Dynamik der Maschine (Bubb 1978), aber auch die über den Zusammenhang von menschlicher Zuverlässigkeit und Kompatibilität (Spanner 1993). Im Laufe der Zeit hat sich das Automobil als ein zentrales Arbeitsmittel herausgestellt, das fast alle ergonomischen Fragen – insbesondere der Produktergonomie – in exemplarischer Form zu bearbeiten erlaubt. Zentraler Ausgangspunkt war die Entwicklung einer Abstandsanzeige (Bremsweg- bzw. Sicherheitsabstand) im Kraftfahrzeug, für die speziell das sog. kontaktanaloge Head-Up-Display entwickelt worden (Bubb 1976; Assmann 1985) und in verschiedener Form realisiert worden ist. Dessen Notwendigkeit ergibt sich dabei aus einer modellbasierten Analyse kognitiver menschlicher Fähigkeiten und Eigenschaften, die wesentlich auf der Vorstellung der sog. „inneren Repräsentationen“ beruht (Bubb 1993). Besonders, um Einblick in den Modus der Informationsaufnahme und -verarbeitung zu bekommen, war es außerdem notwendig, ein zuverlässiges Blickerfassungssystem zu entwickeln (Schweigert et al. 2001; Lange et al. 2006), das nun zu vielfältigen Erkenntnissen Anlass gibt (z. B. Schweigert & Bubb 2002). Neben dem Head-Up-Display wurden aus den Vorstellungen menschlicher Informationsverarbeitung weitere innovative Interaktionsmittel zwischen Mensch und Maschine entwickelt. Besonders zu erwähnen ist hierbei das Aktive Stellteil, mit dem der Operateur sozusagen die Dynamik der Maschine in der Hand hat und so auch komplexe Dynamiken intuitiv handhaben kann (Meyer 1987; Gillet 1999). Dieses Bedienelement wurde erfolgreich für die Steuerung des Kraftfahrzeugs angewendet (Bolte 1991; Eckstein 2001). Gerade in Verbindung mit den sog. Fahrer-Assistenzsystemen (FAS), die innerhalb der hierarchischen Gliederung der Fahraufgabe (Navigation, Führung und Stabilisierung) die aus fahrerischer Sicht besonders sensible Führungsaufgabe unterstützen soll, vermag dieses Bedienteil seine Vorteile womöglich zusätzlich auszuspielen, da es mit ihm gelingt, Assistenzinformation situationsgerecht und intuitiv durch das künstliche Aufschalten von Zusatzkräften zu vermitteln. Experimente über Assistenzsysteme mit einem über das Lenkrad wirkendem Spurführungsassistent, der haptische Rückmeldung vermittelt, einem sog. Aktivem Gaspedal, das das Überschreiten von Geschwindigkeitsvorschriften oder Unterschreiten des Sicherheitsabstandes durch eine zusätzliche Widerstandskraft anzeigt, und mit dem kontaktanalogen Head-Up-Display lassen auf die einfache Regel schließen: „Der Fahrer sollte haptisch vermittelt bekommen, was er tun soll und optisch, warum er es tun soll“ und „Automatisierte Funktionen sind so zu gestalten, dass ihr Bedienaufwand nicht größer ist, als die entsprechende unmittelbare Bedienung von Hand“ (Bubb 2007). Aus den diesen Ergebnissen zugrunde liegenden Modellvorstellungen über die menschliche Informationsverarbeitung lassen sich noch weitere Innovationen beispielsweise zur Sichtunterstützung durch Night-Vision, zur Parkassistenz (Doisl & Bubb 2007) und zu einer Objektivierung und damit Gestaltung des Lenkgefühls (Wolf & Bubb 2005) ableiten. Unter dem besonderen Aspekt der zuverlässigen Mensch-Maschine-

Interaktion wurden all diese Modellierungsansätze schlussendlich zu einem geschlossenen Modell menschlicher Informationsverarbeitung zusammengestellt, das die Grundlage für eine kognitive Ergänzung des Menschmodell RAMSIS darstellen kann (Sträter 2005).

4. Einbinden in einen Gesamtzusammenhang

Gerade die Integration von anthropometrischer und kognitiver Modellierung lässt bei einem arbeitswissenschaftlichen Lehrstuhl die grundsätzliche Frage immer wieder aufscheinen: „Was ist menschliche Arbeit eigentlich in ihrem Kern?“. Ein Erklärungsversuch geht von der Anwendung des Turingprozesses aus (Bubb 2005). Danach ist Arbeit ganz allgemein die Herstellung einer vom Menschen initiierten und gewollten Ordnung. Im Sinne des Wienerischen bzw. Shannonschen Informationsbegriffs bedeutet das eine Zunahme der Information. Aus physikalischen Gründen ist damit aber die Freisetzung von gebundener Energie verbunden, was insgesamt die Gesamt-(welt-)information vermindert. Alle Prozesse des Weltlaufs laufen grundsätzlich in die Richtung abnehmender Gesamtinformation (siehe Abbildung 2).

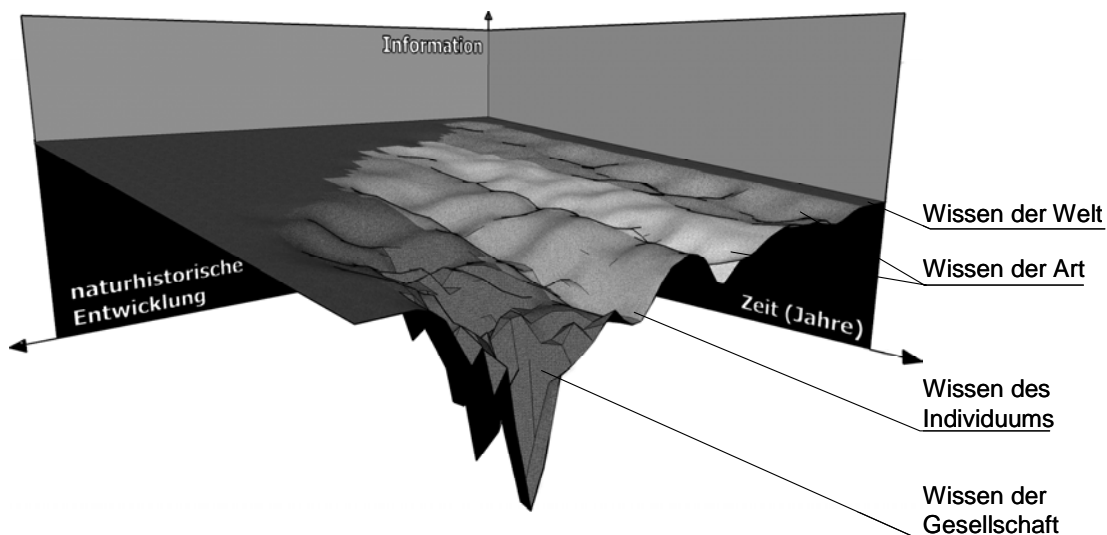


Abbildung 2: Abnahme der Gesamtinformation in Abhängigkeit von Zeit und naturgeschichtlicher Entwicklung

In diesem Zusammenhang kommt natürlich die Frage auf, was in diesem Bild die Rolle der Lebewesen ist, die ja durch hohe Information charakterisiert sind, also diesem grundsätzlichen Gesetz der Abnahme der Information zu widersprechen scheinen. Die Lösung dieses Rätsels besteht darin, dass in der naturhistorischen Entwicklung die Abnahme der Information sozusagen zunehmend gefaltet wird, so dass durch Zwischenzustände hoher Information besonders schnell und effektiv der Zustand niedriger Information erreicht werden kann. Wenn man die mittleren Geschwindigkeiten bei den ablaufenden Prozessen als ein Maß für das Freisetzen pro Masse gebundener Energie annimmt, so wird - wie in Abbildung 2 dargestellt - verständlich, dass von dem Ablauf des Geschehens in der unbelebten Natur, nur nach physikalischen Gesetzen, was man als „Wissen der Welt“ bezeichnen kann, über die verschiedenen Wissensstufen bis hin zu dem dem Menschen eigenen „Wissen der Gesellschaft“ die Geschwindigkeiten immer größer werden und damit das Erniedrigen der Gesamtinformation immer schneller erfolgt. Unser Wunsch nach Komfort,

der demnach prinzipiell nur durch Energieaufwand befriedigt werden kann, liegt also in unserer Natur, einen Beitrag zur Reduktion der Gesamtinformation zu leisten. Insofern ist es zwecklos, auf eine „Moral zur Energieaskese“ zu setzen. Mit Blick auf die damit verbundene Umweltverschmutzung ist es also auch eine zukünftige Aufgabe und Zielsetzung der Arbeitswissenschaft, den eigentlichen Kern der (jeweiligen) menschlichen Bedürfnisse zu erfassen, damit Wege gesucht werden können, wie diese mit möglichst wenig Gesamtinformationsverlust zu erfüllen sind. Als ein Beispiel hierfür sei die genaue Kenntnis dessen angeführt, was die physiologischen Bedingungen für thermisches Wohlbefinden sind, die dann Anlass sein können, diese mit möglichst wenig Energieaufwand bereitzustellen. Oder ein anderes Beispiel ist der Effekt des bereits erwähnten aktiven Gaspedals, das – wie unsere Versuche zeigen – dem Fahrer die individuelle Freiheit und damit den Spaß am Fahren lässt, aber dennoch so vernünftige Vorgaben macht, dass dadurch der Kraftstoffkonsum nachgewiesenermaßen um ca. 10% sinkt (Lange et al. 2008). Die Beispiele zeigen, dass man sehr ins Detail gehend die Aufgaben und den Bezug auf die Bedürfnisse des Menschen studieren muss, um zu effektiven Vorschlägen zu gelangen.

5. Literatur

1. Arlt, F. & Bubb, H. 1999, Simulation of target directed movements within the CAD man model RAMSIS. In: Proceedings of SEA Conference on Human Modeling, The Hague, 18-20 May 1999, #1999-01-1918, SAE International.
2. Assmann, E. 1985, Untersuchung über den Einfluss einer Bremsweganzeige auf das Fahrerverhalten, Dissertation. München: Technische Universität München.
3. Bolte, U. 1991, Das aktive Stellteil – ein ergonomisches Bedienkonzept, VDI Fortschrittbericht, Reihe 17, Nr. 75. Düsseldorf: VDI-Verlag.
4. Bubb, H. 1976, Untersuchung der Geschwindigkeitsregelung über die Anzeige des Bremsweges von Kraftfahrzeugen, Forschungsbericht aus der Wehrtechnik. Dokumentationszentrum der Bundeswehr BMVg-FBWT 76-7.
5. Bubb, H. 1993, Reliability of the driver - A method of driver modelling for prevention of driver failure. In: Safety evaluation of traffic systems: traffic conflicts and other measures, 6th Int. CTCT Workshop, Salzburg, Oktober 1993. Salzburg: Sicherheitsakademie im Kuratorium für Verkehrssicherheit, 169 – 178.
6. Bubb, H. 2005, What Is Work? A Consideration of the Relation of Entropy, Energy and Ergonomics, Zeitschrift für Arbeitswissenschaft, 59, 187-196.
7. Bubb, H. 2007, Future Applications of DHM in Ergonomic Design. In: V.G. Duffy (Ed.), Digital Human Modeling, HCII 2007, LNCS 4561. Berlin: Springer, 779–793.
8. Bubb, H., Mösch, S. & Schmidtke, H. 1978, Einfluß von Lärmintensität und -einwirkdauer auf die Vertäubung des Ohres, Zeitschrift für Arbeitswissenschaft, 32, 245-253.
9. Bubb, H. & Kain, V. 1986, Untersuchung über die realitätsbezogene Handhabung von Zeichenschablonen der menschlichen Gestalt, Zeitschrift für Arbeitswissenschaft, 40, 97-108.
10. Bubb, H., Rühmann, H. & Schmidtke, H. 1984, Reflexions- und Spiegelungsschutz an Bildschirmen und Sichtgeräten, Zeitschrift für Arbeitswissenschaft, 10, 25.
11. Bubb, H. 2007, Erfahrungen zur ergonomischen Gestaltung von Assistenzsystemen. In: Proceedings zum Aachener Kolloquium Fahrzeug- und Motorentechnik. Aachen: Forschungsgesellschaft Kraftfahrzeugwesen, 903 – 921.
12. Bubb, P. 1978, Untersuchung über den Einfluß stochastischer Rollschwingungen auf die Steuerleistung des Menschen bei Regelstrecken unterschiedlichen Ordnungsgrades, Dissertation. München: Technische Universität München.
13. Cherednichenko, A., Assmann, E. & Bubb, H. 2006, Computational Approach for Entry Simulation. In: Proceedings of the SAE-DHMC, Paper No. 2006-01-2358.
14. Doisl, C. & Bubb, H. 2007, Ergonomische Empfehlung für die Entwicklung von Anzeige- und Bedienkonzepten für Parkassistenten, Vortrag auf der Tagung „Stillstandmanagement“ des HdT in Essen am 8. November 2007.

15. Eckstein, L. 2001, Entwicklung und Überprüfung eines Bedienkonzepts und von Algorithmen zum Fahren eines Kraftfahrzeugs mit aktiven Sidesticks, VDI Fortschrittbericht, Reihe 12, Nr. 471. Düsseldorf: VDI-Verlag.
16. Gillet, G. 1999, Ergonomische Optimierung eines Aktiven Stellteils, Dissertation, Lehrstuhl für Ergonomie. München: Technische Universität München.
17. Lange, C., Bubb, H., Klinker, G. & Tönnis, M. 2008, Sicherheitspotential und Verbrauchsreduzierung durch ein intelligent geregeltes aktives Gaspedal, 3. Tagung Aktive Sicherheit durch Fahrerassistenz, 7.-8. April, Garching bei München.
18. Lange, C., Wohlfahrter, M. & Bubb, H. 2006, Dikabilis – engineering and application area. In: R.N. Pikaar, E.A.P. Koningsveld & P.J.M. Settels (Eds.), Meeting Diversity in Ergonomics. Amsterdam: Elsevier.
19. Mayer, E. 1983, Entwicklung eines Messgerätes zur getrennten und integrativen Erfassung der Raumklimakomponenten, Dissertation. München: Technische Universität München.
20. Mergl, C., Klendauer, M., Mangel, C. & Bubb, H. 2005, Predicting long term riding comfort in cars by contact forces between human and seat. In: Proceedings of the SAE-DHMS, Paper No. 2005-01-2690.
21. Meyer, A. 1987, Untersuchung über den Einfluss eines aktiven Bedienelements auf die menschliche Regelleistung, VDI Fortschrittbericht, Reihe 17, Nr. 37. Düsseldorf: VDI Verlag.
22. Pretzsch, A. 1969, Ein digitales Simulationssystem zur ergonomischen Untersuchung von Radarbeobachtungsproblemen, Dissertation. München: Technische Universität München.
23. Rausch, H. 1990, Entwicklung eines Bewertungsverfahrens für rotatorische Schwingungsbelastung, Zeitschrift für Arbeitswissenschaft, 44, 18- 23.
24. Rühmann H. & Schmidtke, H. 1991, Körperkräfte des Menschen. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg.), Dokumentation Arbeitswissenschaft Band 31. Köln: Schmidt.
25. Rühmann, H. 1978, Untersuchung über den Einfluss der mechanischen Eigenschaften von Bedienelementen auf die Steuerleistung des Menschen bei stochastischen Rollschwingungen, Forschungsbericht der Wehrtechnik, BMVg-FBWT 87-11, 1- 190.
26. Rühmann, H. 1984, Die Schwingungsbelastung in Mensch-Maschine-Systemen. Experimentelle Untersuchungen zur Bewegungsgenauigkeit bei stochastischer Roll- und Nickschwingungsbelastung, VDI Fortschrittsbericht, Reihe 17, Nr. 22. Düsseldorf: VDI Verlag.
27. Schmidtke, H. 1976, Ergonomische Bewertung von Arbeitssystemen. Entwurf eines Verfahrens. München: Hanser.
28. Schmidtke, H., Bubb, H., Seidl, A., Geuß, H. & Krist, R. 1994, Ein 3D-Menschmodell als Analyse- und Konstruktionsmittel. In: K.-P. Gärtner, W. Stein, H. Widdel (Hrsg.), Mensch-Maschine-Systeme und Neue Informationstechnologien. Wachtberg-Werthoven: Forschungsinstitut für Anthropotechnik.
29. Schmucker, P. 1969, Ergonomische Untersuchungen über den Einfluß verschiedener Parameter auf die Ortungsleistung des Radarbeobachters bei Aufgaben der Luftraumüberwachung, Dissertation. München: Technische Hochschule München.
30. Schweigert, M. & Bubb, H. 2002, Eye-Movements, Performance And Interference When Driving A Car And Performing Secondary Tasks. In: A.G. Gale (Hrsg.), Vision in Vehicles IX. Amsterdam: Elsevier.
31. Schweigert, M., Fukuda, R. & Bubb, H. 2001, Blickerfassung mit JANUS II – Messprinzip und Anwendungsbeispiele. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg.), Arbeitsgestaltung Flexibilisierung Kompetenzentwicklung. Dortmund: GfA Press.
32. Seibt, F. 1972, Steuerleistung in Abhängigkeit vom Übersetzungsverhältnis und von Coulombscher Reibung im Bedienungselement. In: Schriftenreihe Arbeitswissenschaft, Band. 2. Berlin: Beuth.
33. Spanner, B. 1993, Einfluss der Kompatibilität von Stellteilen auf die menschliche Zuverlässigkeit, VDI Fortschrittbericht, Reihe 17. Düsseldorf: VDI Verlag.
34. Sträter, O. 2005, Cognition and Safety – An Integrated Approach to System Design and Assessment. Adershot: Ashgate.
35. Wolf, H. & Bubb, H. 2005, Ergonomie in der Fahrwerksentwicklung – Wo und wie kann sie dort hilfreich sein?, Tagung „Fahrwerk.tech 2005“, Garching b. München, 4.-5. April, 2005.

Arbeitswissenschaft und Globalisierung: eine Herausforderung

Klaus J. ZINK

*Lehrstuhl für Industriebetriebslehre und Arbeitswissenschaft,
Technische Universität Kaiserslautern,
Gottlieb-Daimler-Straße, Geb. 42, D-67663 Kaiserslautern*

Kurzfassung: Globalisierung wirkt sich auf Arbeitsbedingungen im In- und Ausland aus. Es stellt sich daher die Frage, welche Herausforderungen sich daraus für die Arbeitswissenschaft ableiten lassen. Am Beispiel der Arbeitsbedingungen in Sonderwirtschaftszonen werden potenzielle Handlungsfelder thematisiert.

Schlüsselwörter: Arbeitswissenschaft, neue Handlungsfelder, Globalisierung.

1. Relevanz des Themas: Die Verantwortung zu handeln

In der Vergangenheit hat sich das Interesse nationaler arbeitswissenschaftlicher Gesellschaften vor allem an „nationalen“ Problemstellungen ausgerichtet, wobei natürlich der internationale Stand der Wissenschaft Berücksichtigung fand. Dabei wurde einerseits offensichtlich, dass sich Fragestellungen „internationalisieren“, wie z.B. die weltweite Realisierung von Produktionssystemen oder der globale Einsatz von Customer Care Konzepten (wie z.B. Call Center), aber auch die Verlagerung von Arbeitsplätzen in sogenannte Niedriglohnländer ist eine Konsequenz dieser Entwicklung (Zink 2008). Globalisierung ist dementsprechend auch ein Synonym für internationale Supply Chains, die unter Aspekten der sozialen Verantwortung auch bedeuten können, dass Kosteneinsparungen durch Reduzierung von Anforderungen erkaufte werden. Dabei wird in vielen Fällen nicht einmal dem bescheidenen Niveau der International Labour Organization (ILO) oder der Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD) entsprochen (wie z.B. Ausschluss von Kinderarbeit oder Garantierung von Versammlungsfreiheit).

2. „Arbeitswissenschaft“ in einer breiteren Perspektive: Globalisierung und ihre potenziellen Konsequenzen

Gerade im letzten Jahrzehnt hat die deutschsprachige Arbeitswissenschaft eine breitere Perspektive eingenommen. Dazu trug einerseits die Diskussion des Leitbildes bzw. des Selbstverständnisses innerhalb der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (GfA) bei, die das Ziel der arbeitswissenschaftlichen Bemühungen in der Verbesserung der Arbeits- und Lebensbedingungen formuliert – und dabei auch die gesellschaftliche Verantwortung der Handelnden thematisiert hat (GfA 1999). Andererseits hat das Memorandum der GfA zum Strukturwandel der Arbeit Herausforderungen an die Forschung beschrieben, die weit über die einer „traditionellen“ Wissenschaft der „Industriearbeit“ hinausgehen. Unter der Überschrift „Arbeit von morgen gestalten“ wurde z.B. die Vielfalt von Arbeitsverhältnissen genauso thematisiert wie das Phänomen des Arbeitskraftunternehmers. Damit waren – zumindest implizit –

einige Konsequenzen des internationalen Wettbewerbs angesprochen, der heute meist unter dem Begriff „Globalisierung“ beschrieben wird (GfA 2000).

Der Begriff der Globalisierung im wirtschaftspolitischen Verständnis wird u.a. mit Theodor Levitt und seinem Beitrag „The Globalization of Markets“ in der Harvard Business Review (Levitt 1983) in Verbindung gebracht. Im Kontext dieser Diskussion sind folgende Aspekte der wirtschaftlichen Dimension der Globalisierung – in sehr grober Vereinfachung – von Interesse: Unternehmen in Industriestaaten erschließen neue Märkte und verlagern Teile der Produktion oder die gesamte Produktion in Schwellenländer mit niedrigem Lohnniveau. Für Standortentscheidungen spielen auch Steuerbelastung und ggf. Restriktionen bei der Umweltbelastung, aber auch Sozialgesetze eine wesentliche Rolle. Für die Industriestaaten kann dies den Verlust von Arbeitsplätzen und Steuereinnahmen bedeuten. Schwellenländer erhalten z.B. durch niedrige Lohn- und Lebenshaltungskosten die Möglichkeit des Anschlusses an die Weltwirtschaft mit dem damit verbundenen (ggf. problematischen) Strukturwandel. Entwicklungsländer mit politischer und rechtlicher Instabilität und geringer Infrastruktur nehmen an diesem Prozess weniger teil.

Da vor allem die größeren Unternehmen inzwischen meist weltweit produzieren, stellt sich die Frage nach den (Arbeits-)Bedingungen dieser Produktion und der Verantwortung der Hersteller – aber auch der Käufer – für diese Bedingungen. Gleichzeitig entsteht für die Unternehmen, die nicht weltweit produzieren (können) ein verschärfter Wettbewerbs- und Kostendruck, der ggf. zum Outsourcing einzelner Aufgaben an kostengünstige(re) Anbieter auf dem nationalen Markt führt. Auch dort sind die Auswirkungen auf die Arbeitsbedingungen zu betrachten.

3. Arbeitsbedingungen in Sonderwirtschaftszonen: Notwendigkeit zu handeln

Einen regelrechten Boom erfuhren Sonderwirtschaftszonen in den 1970er Jahren, als Industrieländer im Zuge der zunehmenden Globalisierung damit begannen, arbeitsintensive Schritte ihrer Produktion aus Gründen der Kostensenkung überwiegend in Niedriglohnländer – insbesondere in Asien, Lateinamerika, den karibischen Raum und, zu einem geringeren Teil, in Afrika – zu verlagern (ILO 1998). 2006 schätzte die ILO die Existenz von ca. 3500 solcher Zonen mit ca. 65 Millionen Beschäftigten (Singa Boyenge 2007).

Insbesondere in Industriezweigen wie der Textil- und Bekleidungsbranche oder der Elektroindustrie, die kurzen Produktlebenszyklen und einem starken Wettbewerb ausgesetzt sind, entsteht wirtschaftlicher Erfolg häufig durch die Ausbeutung schlecht bezahlter und gefügiger Arbeitskräfte und die damit verbundene Verletzung von Arbeits- und Sozialrechten. (International Confederation of Free Trade Unions (ICFTU) 2004) Als „Haupttreiber“ dieser Entwicklung gelten multinationale Konzerne, die ihre Standortentscheidungen einem internationalen Wettbewerb aussetzen. Unterschiede in der Produktivität (z.B. durch längere Arbeitszeiten), im Lohnniveau, den Arbeitsbedingungen und Umweltnormen sowie Steuervorteile der einzelnen Standorte verbessern das wirtschaftliche Ergebnis (Gresh et al. 2006). Dementsprechend versuchen die Regierungen vieler Länder ihre Position auf den globalen Märkten nicht nur über zollfreie Ein- und Ausfuhren oder steuerliche Vergünstigungen, die Bereitstellung von Infrastruktur oder billigen Arbeitskräften in Sonderwirtschaftszonen zu bestreiten. Auch geringere oder nicht vorhandene Sozialstandards und Umweltschutzbestimmungen sowie die Missachtung grundlegender Arbeitsrechte werden gezielt als Wettbewerbsvorteile eingesetzt (Singa Boyenge 2007). Aufgrund der begrenzten Verfügbarkeit ausführlicher Daten fällt es schwer, ein umfassendes Bild der Arbeitsbedingungen in Sonderwirtschaftszonen zu zeichnen. Dennoch finden sich diverse Hinweise, die auf die Missachtung nationaler Gesetzgebungen

und unannehbare Arbeitsbedingungen hindeuten (Gopalakrisnan 2007). So würden Arbeitnehmer in vielen Sonderwirtschaftszonen starkem Druck ausgesetzt, um die hohen Anforderungen der Auftraggeber an Lieferfristen, Flexibilität und Kosten in der Produktion erfüllen zu können: Zwar lägen die Löhne in Sonderwirtschaftszonen oftmals über vergleichbaren Löhnen außerhalb der Zonen, häufig sei dies jedoch nur über die Erreichung von Stückzahlen und längere Arbeitszeiten zu erlangen (Jauch 2002; Albracht 2005). In anderen Fällen würden Arbeiter, bspw. mit angedrohten Geldstrafen, der Zurückhaltung von Löhnen oder der Forderung zur Zahlung von Kauttionen an den Arbeitgeber zur Ableistung extensiver, unbezahlter Überstunden gezwungen (ICFTU 2004). Albracht (2005) sowie die ICFTU (2004) verweisen auch auf die gesundheitlichen Konsequenzen, die diese hohen Belastungen nach sich ziehen. Auch die (teilweise erzwungene) Unterbringung der Arbeiter in Schlafsälen auf dem Werksgelände sei von Einschränkungen der Bewegungsfreiheit sowie zuweilen von unzumutbaren hygienischen Bedingungen geprägt (Albracht 2005). Die Versammlungsfreiheit sowie die Möglichkeit zu Kollektivverhandlungen in einigen Sonderwirtschaftszonen wird stark eingeschränkt. Unter Androhung von Entlassungen und Firmenschließung oder gar körperlicher Gewalt bis hin zu Morddrohungen versuchten Arbeitgeber ihre Belegschaft zu kontrollieren und sie auf diese Weise an Streikversuchen, Tarifverhandlungen oder Protestversuchen zu hindern (Gopalakrisnan 2007).

4. Der mögliche Beitrag der Arbeitswissenschaft in industrialisierten Ländern

4.1 Nachweis des (auch) ökonomischen Erfolges arbeitswissenschaftlicher Konzepte

Zunächst geht es um ein grundlegendes Problem unserer Disziplin: unser Image, durch Verbesserung von Arbeitsbedingungen vor allem zur Kostenverursachung beizutragen. Wir müssen noch stärker als in der Vergangenheit zeigen, dass sich Investitionen in Motivation und Gesundheit lohnen – und diese Botschaft auch an die Arbeitgeber und Unternehmer in Entwicklungsländern vermitteln. Wenn Corporate Social Responsibility mehr als ein Schlagwort sein soll, muss diese Botschaft aber auch den Auftraggebern in sogen. entwickelten Ländern kommuniziert werden.

4.2 Intensivierung der institutionellen, persönlichen und methodischen Unterstützung

Wir müssen uns mehr als bisher an der Unterstützung derer beteiligen, die vor Ort arbeitswissenschaftliche Problemlösungen erarbeiten und diese entsprechend ausbilden. Dazu gibt es international eine Reihe von Beispielen, wie nationale arbeitswissenschaftliche Gesellschaften mit Netzwerken oder entsprechende Gesellschaften in Entwicklungsländern kooperieren. Dies kann sich auch auf den persönlichen Einsatz einzelner Wissenschaftler erstrecken, die vor Ort zum Know-how-Transfer beitragen. Darüber hinaus geht es auch um den Transfer erprobter aber handhabbarer Methoden einschließlich Ausbildungsmodulen.

4.3 Konsumentenaufklärung: Verbesserung von Arbeitsbedingungen durch verantwortungsvolles Einkaufen

Ein weiterer wichtiger und bisher unterschätzter Punkt ist der Einfluss der Kunden auf die Unternehmen und deren soziale Verantwortung durch ihre Kaufentscheidungen (Grünewald 2004; Busse 2006). Eine wichtige Voraussetzung für die Akzeptanz der Rolle des „kritischen Konsumenten“ ist die Bereitstellung umfassender Information, wie sie neuerdings auch von der Stiftung Warentest geliefert wird. Aber auch (Hochschul-)

Lehrer und jeder andere „Multiplikator“ spielen hier eine wichtige Rolle, die schon in der Arbeitslehre in der Schule beginnen kann. Das heißt, wir sollten in möglichst vielen Zusammenhängen darauf hinweisen, was verschiedene NGOs (Non-governmental organizations) schon seit einigen Jahren zu vermitteln versuchen, nämlich dass auch Kunden einen wichtigen Einfluss auf die Arbeitsbedingungen nehmen können, wenn sie dafür sensibilisiert werden, sich dafür zu interessieren, unter welchen (Arbeits-) Bedingungen die von ihnen preisgünstig erworbenen Produkte entstanden sind. Selbstverständlich wird es im Einzelfall auch finanzielle Restriktionen geben, welche die Wahrnehmung der Rolle des kritischen Verbrauchers ausschließt.

5. Zusammenfassende Bewertung

Es wäre sicher eine Überforderung einer wissenschaftlichen Disziplin, weltpolitische Herausforderungen zu lösen, aber dennoch kann auch die Arbeitswissenschaft bzw. jeder Einzelne in diesem Feld Tätige dazu beitragen, diese Situation zu verbessern.

6. Literatur

1. Albracht, G. 2005, The global challenges of labour inspection. Globalization, workplace and health (<http://www.ilo.org/public/english/dialogue/actrav/publ/140/1.pdf>, Stand 22.11.2007).
2. Busse, T. 2006, Die Einkaufsrevolution. Konsumenten entdecken ihre Macht. München: Karl Blessing Verlag.
3. GfA-Gesellschaft für Arbeitswissenschaft 1999, Selbstverständnis der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.
4. GfA-Gesellschaft für Arbeitswissenschaft 2000, Die Zukunft der Arbeit erforschen. Ein Memorandum der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V. zum Strukturwandel der Arbeit. Stuttgart: Ergon GmbH.
5. Gopalakrishnan, R. 2007, Freedom of association and collective bargaining in export processing zones: Role of the ILO supervisory mechanisms. International Labour Standards Department, Working paper No. 1. Geneva: International Labour Office.
6. Gresh, A. (Hrsg.) 2006, Atlas der Globalisierung. Paris: Le Monde diplomatique.
7. Grünewald, M. 2004, Corporate Social Responsibility – Konsumenten als Treiber für mehr gesellschaftliche Verantwortungsübernahme in Unternehmen? In: J. Freimann (Hrsg.), Akteure einer nachhaltigen Unternehmensentwicklung. München: Rainer Hampp Verlag, 39-55.
8. ICFTU-International Confederation of Free Trade Unions 2004, Behind the brand names. Working conditions and labour rights in export processing zones (<http://www.icftu.org/www/PDF/EPZreportE.pdf>, Stand 15.01.2008).
9. ILO-International Labour Organization 1998, Labour and social issues relating to export processing zones (http://www.ilo.org/public/libdoc/ilo/1998/98B09_223_engl.pdf, Stand 15.01.2008).
10. Jauch, H. 2002, Export processing zones and the quest for sustainable development: a Southern African perspective, Environment & Urbanization, 14, 101-114.
11. Levitt, T. 1983, The globalization of markets, Harvard Business Review, 61, 92-102.
12. Singa Boyenge, J.-P. 2007, ILO database on export processing zones (Revised), Sectoral Activities Programme, Working paper No. 251. Geneva: International Labour Office.
13. Zink, K.J. 2008, Human Factors and Ergonomics in Industrially Developing Countries: Necessity and Contribution. In: P.A. Scott (Ed.), Ergonomics in developing regions: needs and applications. London: Taylor & Francis (Veröffentlichung in Vorbereitung).

Standortbestimmung Arbeitsmedizin

Stephan LETZEL

*Institut für Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin
der Johannes Gutenberg-Universität Mainz,
Obere Zahlbacher Straße 67, D-55131 Mainz*

Kurzfassung: War die Arbeitsmedizin früher sehr stark auf die Vermeidung von Berufskrankheiten und Arbeitsunfällen ausgerichtet, ist insbesondere unter den Gesichtspunkten des demographischen Wandels und des zunehmenden späteren Renteneintrittsalters der Focus des Faches in den letzten Jahren auf den Bereich der Prävention und betrieblichen Gesundheitsförderung erweitert worden. Damit hat sich auch die Definition des Faches verändert. Für die Rolle des Arbeitsmediziners in der betriebsärztlichen Praxis bedeutet der Wandel des Faches eine Erweiterung seines Aufgabenspektrums. So ist er im Betrieb u.a. Berater in der strategischen Planung von Gesundheitsvorsorge, Dienstleister für Gesundheitsförderung und Prävention, Partner im Arzt- und Patientenverhältnis, Betrieblicher Experte u.a. in Medizin, Psychologie, Ergonomie. Zum Stand und Entwicklungsbedarf von betrieblicher Prävention und Gesundheitsförderung in Deutschland wurde von der DGAUM ein Thesenpapier veröffentlicht und entsprechende Anregungen an die Politik formuliert, wobei zur praktischen Umsetzung dieser Gesichtspunkte in die betriebsärztliche Praxis zusammen von der DGAUM und dem VDBW Anfang des Jahres 2007 eine wissenschaftliche Leitlinie „Arbeitsmedizinische Vorsorge“ erarbeitet wurde. Für die zukünftige Entwicklung der Arbeitsmedizin wird es besonders wichtig sein, die Arbeitsmedizin noch besser im Gesundheitssystem zu verankern und die Vorteile des Settingansatzes „Arbeitsplatz“ für die Prävention und Gesundheitsförderung noch effektiver zu nutzen.

Schlüsselwörter: Prävention, betriebliche Gesundheitsförderung, Entwicklung der Arbeitsmedizin.

1. Einleitung

„Arbeitsmedizin heute – Konzepte für morgen“, unter diesem Motto wurde von der Deutschen Gesellschaft für Arbeitsmedizin und Umweltmedizin e.V. (DGAUM) unter Mitwirkung des Verbandes Deutscher Betriebs- und Werksärzte e.V. (VDBW) im Jahr 2006 eine Standortbestimmung für das Fach Arbeitsmedizin vorgenommen und veröffentlicht (DGAUM 2006). Eine solche Standortbestimmung aus Sicht der Arbeitsmedizin war angesichts des Wandels der Anforderungen an den Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz notwendig geworden. Nachdem die Arbeitsmedizin früher sehr stark auf die Vermeidung von Berufskrankheiten und Arbeitsunfällen ausgerichtet war, ist insbesondere unter den Gesichtspunkten des demographischen Wandels und des zunehmenden späteren Renteneintrittsalters der Focus des Faches in den letzten Jahren auf den Bereich der Prävention und betrieblichen Gesundheitsförderung erweitert worden.

Dem entsprechend wurde auch die Definition des Faches (DGAUM 2006) dieser

Entwicklung angepasst und wie folgt von der wissenschaftlichen Fachgesellschaft neu formuliert: „Die Arbeitsmedizin ist die medizinische, vorwiegend präventiv orientierte Fachdisziplin, die sich mit der Untersuchung, Bewertung, Begutachtung und Beeinflussung der Wechselbeziehungen zwischen Anforderungen, Bedingungen, Organisation der Arbeit einerseits sowie dem Menschen, seiner Gesundheit, seiner Arbeits- und Beschäftigungsfähigkeit und seinen Krankheiten andererseits befasst.“

Die entsprechenden Ziele werden umgesetzt durch die Bereitstellung von wissenschaftlichen Grundlagen für die menschengerechte Gestaltung von Arbeit, durch die Aufdeckung von Ursachen und die Ableitung von präventiven Maßnahmen bei arbeitsbedingten Gesundheitsgefährdungen, arbeitsbedingten Erkrankungen, Berufskrankheiten und Arbeitsunfällen, durch die Mitwirkung bei der Förderung, dem Erhalt und der Wiederherstellung der individuellen Arbeits- und Beschäftigungsfähigkeit. Die Arbeitsmedizin übernimmt die ärztliche Beratung von Arbeitgebern und Arbeitnehmern an der Schnittstelle Individuum / Betrieb sowie von Handelnden in der integrierten medizinischen Versorgung bei Fragen der betrieblichen Gesundheitsförderung und Prävention, der arbeits- und umweltbezogenen Diagnostik und Therapie, der arbeits- und beschäftigungsfähigkeitsfördernden Rehabilitation sowie bei versicherungsmedizinischen Fragen. Die Arbeitsmedizin stützt sich auf eine ganzheitliche Betrachtung des arbeitenden Menschen mit Berücksichtigung somatischer, psychischer und sozialer Prozesse. Arbeitsmedizin handelt auf der Grundlage eines wissenschaftlich begründeten medizinischen Methodeninventars und nutzt auch Erkenntnisse und Methoden anderer Wissenschaftsdisziplinen. Ihre Aktivitäten sind eingeordnet in multidisziplinäres Handeln.

2. Rolle des Arbeitsmediziners in der betriebsärztlichen Praxis

Für die Rolle des Arbeitsmediziners in der betriebsärztlichen Praxis bedeutet der Wandel des Faches eine Erweiterung seines Aufgabenspektrums. So ist er im Betrieb u.a. Berater in der strategischen Planung von Gesundheitsvorsorge, Dienstleister für Gesundheitsförderung und Prävention, Partner im Arzt- und Patientenverhältnis, Betrieblicher Experte u.a. in Medizin, Psychologie, Ergonomie, Experte in der Bearbeitung und Auslegung von Rechtsvorgaben, Manager mit Stabsfunktion und Linienfunktion im Unternehmen, Unternehmer innerhalb des Unternehmens mit Kostenverantwortung und Führungsaufgaben, Wissenschaftler bzw. Partner der Wissenschaft (Tautz & Stork 2008).

3. Betriebliche Prävention und Gesundheitsförderung

Zum Stand und Entwicklungsbedarf von betrieblicher Prävention und Gesundheitsförderung in Deutschland wurde von der DGAUM ein Thesenpapier veröffentlicht (Letzel et al. 2007a) und entsprechende Anregungen an die Politik formuliert. Ausgehend von der zunehmenden Internationalisierung des Arbeitslebens mit den dadurch verbundenen steigenden Leistungsanforderungen an die Arbeitnehmer/innen bei tendenziell steigendem Durchschnittsalter der Belegschaften und späterem Renteneintrittsalter wurden die gesundheitsökonomischen Herausforderungen an die Unternehmen aufgezeigt und das erhebliche Potential der Arbeitsmedizin bei der Bewältigung dieser Aufgaben dargestellt.

Wichtige Bereiche der Entwicklung der Arbeitsmedizin sind in Abbildung 1 zusammen-

mengestellt.


Entwicklung	früher aktuell zukünftig	
		
Betrachtungsweise	• monokausal	• multikausal
Grundlagen	• Vorschriften	• Deregulierung
Präventionsstrategien	• starr, unflexibel	• orientiert am Risiko
ärztliche Untersuchung	• BG-Grundsätze	• orientiert am Risiko • Gefährdungsbeurteilung • Gesundheitsmanagement
Bezugssystem	• Arbeitsplatz (1) Individuum (2)	• Individuum (1) Arbeitsplatz (2)
Evidenz-basiert	• gering	• hoch (Leitlinien)
Qualitätssicherung	• gering	• hoch

Abbildung 1: Entwicklung der Arbeitsmedizin

Zur praktischen Umsetzung dieser Gesichtspunkte in die betriebsärztliche Praxis wurde zusammen von DGAUM und VDBW Anfang des Jahres 2007 eine wissenschaftliche Leitlinie „Arbeitsmedizinische Vorsorge“ erarbeitet (Letzel et al. 2007b). Inhalte dieser Leitlinie finden sich auch in dem Referentenentwurf einer Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge des Bundesministeriums für Arbeit und Soziales (BMAS) wieder, der im Januar 2008 vorgelegt wurde. Im neuen Entwurf des Präventionsgesetzes, der vom Bundesministerium für Gesundheit (BMG) erarbeitet wurde, werden u. a. Maßnahmen der Prävention in unterschiedlichen Lebenswelten angesprochen, wobei bei derzeit ca. 40 Millionen Erwerbstätigen in Deutschland, dem Bereich des Arbeitslebens und damit auch der Arbeitsmedizin eine wesentliche Bedeutung zukommt.

4. Qualitätssicherung der arbeitsmedizinischen Weiterbildung

Im Rahmen der Qualitätssicherung der arbeitsmedizinischen Weiterbildung wurde von einer Arbeitsgruppe, bestehend aus Vertretern der DGAUM, des VDBW, der Bundesärztekammer, der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung und der Akademien für Arbeitsmedizin das (Muster-)Kursbuch Arbeitsmedizin (BÄK 2007) als Grundlage für den theoretischen Weiterbildungskurs überarbeitet und vom Vorstand der Bundesärztekammer verabschiedet. Im Jahr 2008 wird sich diese Arbeitsgruppe verstärkt der Fortbildung im Fach Arbeitsmedizin annehmen.

5. Verankerung der Arbeitsmedizin im Gesundheitssystem

Für die zukünftige Entwicklung der Arbeitsmedizin wird es besonders wichtig sein, die Arbeitsmedizin noch besser im Gesundheitssystem zu verankern und die Vorteile des Settingansatzes „Arbeitsplatz“ für die Prävention und Gesundheitsförderung noch effektiver zu nutzen. Der zunehmenden Schwächung der Arbeitsmedizin an den Universitäten ist entgegenzuwirken. Die Deutsche Gesellschaft für Arbeitsmedizin und Umweltmedizin wird sich in enger Abstimmung mit den benachbarten Fachgesellschaften (u.a. GfA, VDBW) diesen Aufgaben annehmen und so zu einer kontinuierlichen Weiterentwicklung des Faches Arbeitsmedizin beitragen.

6. Literatur

1. Deutsche Gesellschaft für Arbeitsmedizin und Umweltmedizin e.V. (Hrsg.) 2006, Arbeitsmedizin heute – Konzepte für morgen. Stuttgart: Gentner Verlag.
2. Tautz, A. & Stork, J. 2008, Stellung der modernen Arbeitsmedizin im Betrieb. In: S. Letzel & D. Nowak (Hrsg.), Handbuch der Arbeitsmedizin. Landsberg: Ecomed Medizin, (im Druck).
3. Letzel, S., Stork, J. & Tautz, A. 2007a, 13 Thesen der Arbeitsmedizin zu Stand und Entwicklungsbedarf von betrieblicher Prävention und Gesundheitsförderung in Deutschland, Gesundheitswesen, 69, 319-322.
4. Letzel, S., Panter, W. & Egler, P. 2007b, Arbeitsmedizinische Vorsorge, Arbeitsmedizin, Sozialmedizin, Umweltmedizin, 42, 244-246.
5. BÄK 2007, (Muster-)Kursbuch Arbeitsmedizin/Betriebsmedizin, <http://www.bundesaerztekammer.de/downloads/MKArbeitsmedizin.pdf>.

Produkt-Ergonomie

Bewertung informationstechnischer Gestaltung von operationsunterstützender Software

Thomas STÜDELI, Adinda FREUDENTHAL und Huib DE RIDDER

*Fakultät für Industriedesign, Technische Universität Delft,
Landbergstraat 15, NL-2628 CE Delft*

Kurzfassung: Computersysteme für bildunterstützte Operationen stellen hohe Anforderungen an die Benutzerfreundlichkeit. Sie haben das Ziel, die visuelle und haptische Wahrnehmung des operierenden Chirurgen während dieser minimal-invasiven Operationen zu verbessern. Diese Arbeit beschreibt das angewendete Bewertungssystem eines interdisziplinären europäischen Forschungsnetzwerkes während der Entwicklung eines medizinischen Mixed reality Systems.

Schlüsselwörter: Usability, Bewertungskriterien, Mixed reality, bildunterstützte Operation.

1. Einleitung

Aktuelle Computersysteme für bildunterstützte Operationen verbinden reale Informationen (z. B. Video aus dem Endoskop, Ultrasoundbilder, direkte Sicht des Chirurgen oder Radiologen, präoperative statische Bilder) mit virtuellen Informationen (z. B. segmentierte Tumore oder Organstrukturen, Lageangaben chirurgischer Instrumente oder Organe). Die Technologien welche diese medizinischen Mixed reality-Systeme erst möglich machten sind relativ jung und immer noch stark in Wandel.

Im Rahmen des Konformitätsbewertungsverfahren der Medizinprodukterichtlinie 93/42/EWG muss seit Juli 2006 die Gebrauchstauglichkeit von allen medizinischen elektrischen Geräten, also auch solcher Systeme, gemäß der harmonisierten Norm IEC 60601-1-6:2006 (ICE 2006) überprüft und dokumentiert werden. Für die Bewertung der informationstechnischen Gestaltung (Usability) solcher Systeme gibt es noch wenig Erfahrung und nur wenige Bewertungsstudien im konkreten Arbeitseinsatz wurden bisher publiziert. Die Forschung konnte sich noch nicht auf gemeinsame Bewertungskriterien einigen (Bach & Scapin 2003, 2004).

Das europäische Forschungsnetzwerk ARIS*ER (Augmented Reality in Surgery) vereint Spezialisten für minimal-invasive bildunterstützte Operationen aus den verschiedensten Disziplinen: Medizin, 3D Visualisierung, medizinische Bildbearbeitung, Robotik, Computerarchitektur und Ergonomie. Das Konsortium hat das Ziel die wichtigen Probleme aktueller bildunterstützter Operationen interdisziplinär anzugehen (Freudenthal et al. 2006). Mittels der Entwicklung von verschiedenen Testsystemen sollen junge Forscher mit einem breiten interdisziplinären Ansatz ausgebildet und neues Wissen generiert werden.

Die gewählte Designmethode von ARIS*ER ist eine benutzerzentrierte Gestaltung mit aktiver Beteiligung der Benutzer am Gestaltungsprozess (Co-Design). Mit jedem Gestaltungsschritt (Schlaufe) werden in Zusammenarbeit mit allen beteiligten Disziplinen folgende Fragestellungen bearbeitet: (1) Wo ist das Problem des Benutzers und in welchem Kontext? (2) Welche technischen Möglichkeiten gibt es? (3) Wie lösen wir das Problem? (Abbildung 1).

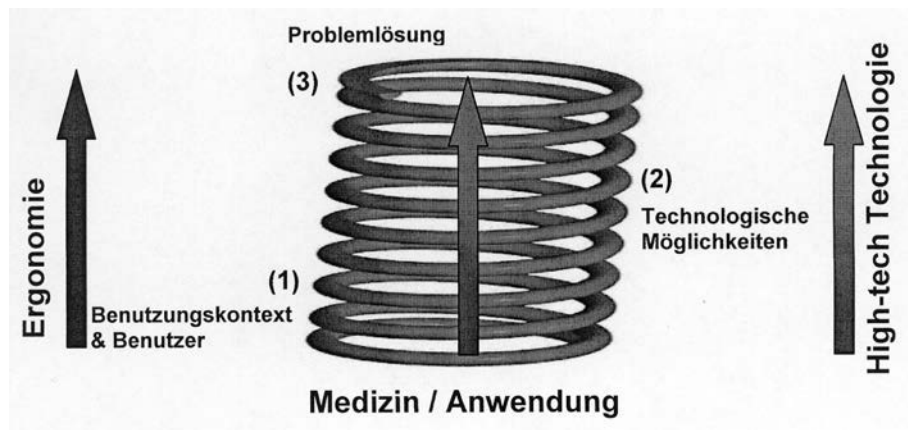


Abbildung 1: Benutzerzentrierte Forschung und Entwicklung bei minimal-invasiven Operationen (angepasst von Stüdeli et al. 2007a). Ergonomische Forschung geschieht parallel zum iterativen Gestaltungsprozess und der Forschung und Entwicklung in den beteiligten Hightech Technologien

Die Rolle des Ergonomen in diese Methodik besteht darin die Entwicklung des Testsystems zu begleiten und die Evaluierung des Systems zu planen und durchzuführen. Die Struktur der Bewertung soll die Designmethode widerspiegeln. In einem iterativen Prozess sollen bei jedem wichtigen Gestaltungsschritt ergonomische, medizinische und technische Kriterien im Team festgelegt und überprüft werden (Stüdeli et al. 2007a,b).

Das erste ARIS*ER Testsystem unterstützt die Radiofrequenzablation von Lebertumoren oder Metastasen (RFA Operation). Bei der RFA Operation werden die unerwünschten Zellen durch Hitze zerstört. Eingbracht wird diese mittels einer Nadel mit integrierten Elektroden - direkt in das Zielgewebe. Bei der perkutanen RFA Operation geschieht die Nadelplatzierung bildunterstützt (Ultrasound oder Computertomographie) durch die Bauchdecke direkt an den Zielort.

Anhand der Entwicklung des Testsystems für die RFA Operation soll aufgezeigt werden, welche Bewertungs-Methoden im „Ergonomieprozess“ angewandt wurden und welche Kriterien in welcher Phase verwendet wurden.

2. Methode

Für die Behandlung der Fragestellung wurden auf eine Vielzahl interner ARIS*ER Dokumente zurückgegriffen. Diese sind zwischen Frühjahr 2005 und Dezember 2007 entstanden. Ausgewertet wurden E-Mails, Sitzungsprotokolle von Treffen zwischen den acht Partnern aber auch Protokolle von Workshops und Arbeitstreffen. Analysiert wurden die Art der Bewertung und der verwendeten Kriterien, nachdem sie den einzelnen Gestaltungsphasen zugeordnet worden waren.

3. Ergebnisse

3.1 Bewertungsschwerpunkte

In der Brainstorming- und Ideenfindungsphase wurde auf die Expertise weniger Schlüsselpersonen - Benutzer sowohl als auch Entwickler - abgestützt (Experten-Befragungen, inkl. Überprüfung der Rückmeldungen). Nach den ersten grundsätzli-

chen Entscheiden zum Testsystem bildeten in der ersten Gestaltungsrunde Interviews, Fokusgruppen und Nutzerbeobachtungen die wesentlichen Methoden (Jalote-Pamar et al. 2006). Sie endete mit den Entwurf eines „medical workflow“ und der Machbarkeitsprüfung. Der Fokus in der zweiten Gestaltungsrunde war das Navigationsproblem. Beobachtungsstudien und Experten-Reviews (Cognitive Walkthrough) wurden im Hinblick auf den nächsten Gestaltungsschritt analysiert (Stüdeli et al. 2007c). Mit dem funktionierenden Prototypen wurden Benutzerstudien mit Befragungen und einer Beobachtungsstudie durchgeführt.

Tabelle 1: Bewertungsarten und Bewertungskriterien im „Ergonomieprozess“ eines medizinischen Mixed reality systems (Testsystem für Radiofrequenzablation von Lebertumoren, ARIS*ER Projekt in den Jahren 2005-2007)

Gestaltungsphase	Brainstorming und Ideenfindungsphase	Erster und zweiter Gestaltungsschritt	Prototyping-Phase
Bewertungsarten (Ergonomieprozess)	Experten-Review	Interviews, Fokusgruppen und Nutzerbeobachtungen Cognitive Walkthrough	Usability-Test Beobachtung der Nutzer am Prototyp Benutzerrückmeldung
Kriterien (Ergonomieprozess)	Gestaltungsprozess, Aktuelle Benutzungsprobleme, Technische Zielvorgaben Fehler, Zeit	Klinischer Workflow Orientierungs- und Navigationsprobleme Konkretisierung der Benutzungsfreundlichkeit	Patientensicherheit, Kognitive Belastung, Zeit, Vertrauen, Fehlerfreundlichkeit, Fehlertoleranz
Testsystem (Gesamtprozess)	Grundsatzentscheide	Machbarkeit (proof-of-concept) Technische Spezifikationen und Bewertungen aus allen involvierten Disziplinen	Technische Verbesserungen Qualitätsstandards

3.1 Bewertungskriterien

In der Ideenfindungsphasen wurden primär Bewertungskriterien zum Gestaltungsprozess und generelle messbare technische Zielvorgaben angewendet. In den ersten Protokollen finden sich schon alle fünf Dimensionen von Usability nach Nielsen (Nielsen 1994) als Kriterien: Lernkurven (Lernfähigkeit), Operationszeit (Effizienz), Einprägsamkeit, vermeiden von Operationsfehler, und Zufriedenheit. Im Verlaufe des ersten und des zweiten Gestaltungsschrittes konnten mittels dem Benutzungskontext Kriterien konkretisiert werden, welche vorher als abstrakte Zielvorgaben aufgefasst wurden, z.B. ease-of-use, Sicherheit, Vertrauen und Fehlerfreundlichkeit. Sie entwickelten sich bis zur Prototypen-Phase in Kriterien zur Arbeit und zum Arbeitsumfeld des Operationssaals. Z. B. wurden Aspekte wie kognitive Belastung, Zeitstress, Vertrauen in das System neben Fehlerfreundlichkeit und -toleranz zu wünschenswert überprüfaren Sicherheitskriterien.

4. Diskussion

Die Resultate zeigt ein aktiver „Ergonomieprozess“ über einen Zeitraum von mehr als 2 Jahren von rund 40 Forschern auf. Der Prozess ist z. T. geprägt durch die in-

volvierten Persönlichkeiten. Das Co-Design mit den Ärzten in ARIS*ER hat zu einem starken klinischen Fokus geführt und zeigt dadurch relativ stabile Bewertungskriterien über alle Entwicklungsphasen. Der berichtete mangelnde Konsens betreffend Usability-Kriterien in der Forschung (Bach & Scapin 2003, 2004) kann sowohl durch die enormen technologischen Entwicklungen also auch mit den unterschiedlichen Anwendungsgebieten von Mixed reality Systemen erklärt werden.

Die Etablierung und Umsetzung von Standards im Operationssaal ist schwierig, neben einem analytischen Vorgehen (Bligård & Osvalder 2007) sind wohl auch neue Methoden gefragt. Unsere Resultate zeigen die Relevanz aller generellen Usability-Kriterien (Nielsen 1994) auch für medizinische Mixed reality Systeme auf. Es kann gefolgert werden, dass diese - in leicht adaptierter Form - zur Überprüfung der Gebrauchstauglichkeit (IEC 2006) herangezogen werden können. Interessant ist die Übereinstimmung unserer Daten mit Bailey und Pearson (1983); als wichtigste Faktoren der Benutzerzufriedenheit an Computersystemen identifizierten sie: Genauigkeit, Verlässlichkeit (Sicherheit), Aktualität, Sachdienlichkeit und Vertrauen in das System. Wir interpretieren die Übereinstimmung dahingehend, dass die damaligen Systemen ähnlich neu und „ausgereift“ waren wie die heutigen medizinischen Mixed reality Systeme.

5. Literatur

1. Bach, C. & Scapin, D.L. 2004, Obstacles and Perspectives for Evaluating Mixed Reality Usability. In: Proceedings of the IUI-CADUI*04 Workshop on Exploring the Design and Engineering of Mixed Reality Systems, Funchal, Island of Madeira, January 13th, 2004.
2. Bach, C. & Scapin, D.L. 2003, Adaptation of Ergonomic Criteria to Human-Virtual Environments Interactions, In: G.W.M. Rauterberg, M. Menozzi & I. Wesson (Eds.), Interact'03. Amsterdam: IOS Press, 880-883.
3. Bailey, J.E. & Pearson, S.W. 1983, Development of a Tool for Measuring and Analyzing Computer User Satisfaction, Management Science, 29, 530-545.
4. International Electrotechnical Commission 2006, IEC 60601-1-6:2006: Medical electrical equipment - Part 1-6: General requirements for basic safety and essential performance - Collateral standard: Usability. Geneva, Switzerland: IEC.
5. Jalote-Parmar, A., Pattynama, P.M.T., Goossens, R.H.M., Freudenthal, A., Samset, E. & De Ridder, H. 2006, Surgical workflow analysis for identifying user requirements for surgical information systems. In: R. Pikaar, E.A.P. Koningsveld & P. Settels (Eds.), Meeting Diversity in Ergonomics. Amsterdam: Elsevier.
6. Nielsen, J. 1994, Usability Engineering. San Francisco: Morgan Kaufmann Publishers.
7. Bligård, L.-O. & Osvalder, A.-L. 2007, An Analytical Approach for Predicting and Identifying Use Error and Usability Problem. In: A. Holzinger (Edt.), USAB 2007, LNCS 4799. Berlin: Springer, 427-440.
8. Stüdeli, T., Freudenthal, A. & de Ridder, H. 2007a, Evaluation Framework of Ergonomic Requirements for Iterative Design Development of Computer Systems and their User Interfaces for Minimal Invasive Therapy. In: Proceedings of the Work With Computer Systems Conference WWCS 2007, May 21-24 2007, Stockholm.
9. Stüdeli T., Freudenthal, A. & Samset, E. 2007b, Assessing Quality of Computer Systems and User Interfaces of Future Medical Workplaces – Augmented Reality for Minimally Invasive Therapy. In: A. Walldius & Y. Sundblad (Eds.), Proceedings of the UITQ 2007 Workshop, Technical Report TRITA-NA. Stockholm: NADA.
10. Stüdeli, T., Kalkofen, D. & Freudenthal, A. 2007c, How do interventionists navigate to the tumour? In: C. Berlin & L.-O. Bligard (Eds.), Proceedings of the 39th Nordic Ergonomics Society Conference. Lysekil, Sweden.

ARIS*ER wird von der EU als Teil des 6. RP unter Marie Curie Actions unterstützt (Vertrag MRTN-CT-2004-512400).

„RAMSIS kognitiv- das Menschmodell lernt sehen“

Wolfram REMLINGER und Heiner BUBB

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

Kurzfassung: Die produktergonomische Auslegung wird in die Bereiche Anthropometrie und Kognitive Ergonomie bzw. Systemergonomie (auch Bedienkonzepte) unterteilt. Speziell bei Fragen der optischen Wahrnehmung sind beide Ergonomieschwerpunkte mit ihren Einflussgrößen eng miteinander verzahnt. Der optische Wahrnehmungsprozess basiert sowohl auf physiologischen als auch auf psychologischen Anteilen. Voraussetzung für die Informationsverarbeitung im Gehirn ist die vorangegangene Informationsaufnahme über die Augen. Dazu muss eine Reihe von optischen Voraussetzungen für günstige Sichtbedingungen des Auges erfüllt sein. Um eine methodische Lücke bei der praktischen Ergonomieauslegung zu schließen, wird das 3D-Menschmodell RAMSIS für die Analyse, Auslegung und praktische Gestaltung von Informationsanzeigen im Fahrzeug und der Außensicht des Fahrers in den Straßenverkehr eine Reihe neuer Funktionen erhalten.

Schlüsselwörter: 3D-Menschmodell, Fahrzeug, Sicht, Kognition.

1. Einleitung

Speziell bei Fragen der optischen Wahrnehmung sind die beiden Ergonomieschwerpunkte Anthropometrie und Kognitive Ergonomie bzw. Systemergonomie eng miteinander verzahnt. Der optische Wahrnehmungsprozess basiert sowohl auf physiologischen als auch auf psychologischen Anteilen.

Bei der Entwicklung von modernen Fahrzeugen werden hohe Anforderungen an die produktergonomische Auslegung gestellt. Um diesen Anforderungen bei der praktischen Ergonomieauslegung zu entsprechen, wird das 3D-Menschmodell RAMSIS für die Analyse, Auslegung und praktische Gestaltung von Informationsanzeigen im Fahrzeug und der Außensicht des Fahrers in den Straßenverkehr eine Reihe neuer Funktionen erhalten. Das Projekt ist mit dem Namen „RAMSIS kognitiv“ betitelt und deutet damit den methodischen Brückenschlag von der anthropometrischen zur kognitiven Ergonomie (Systemergonomie) an. Beim ergonomischen Auslegungsprozess während einer Fahrzeugentwicklung wird mehrfach zwischen diesen Auslegungsbereichen auf unterschiedlichen logischen Ebenen gewechselt (Remlinger & Bubb 2007).

RAMSIS will dem Anwender in Zukunft neben den bisherigen Funktionen für die anthropometrische Auslegung eines Fahrzeugs auch für die systemergonomischen Fragen Hilfsmittel bereitstellen.

2. Strahlengangsanalyse

Die neue Funktion der Strahlengangsanalyse in RAMSIS stellt die Möglichkeit bereit, den Verlauf von reflektierten Lichtstrahlen im Fahrzeuginnenraum geometrisch

nachzuverfolgen und die Herkunft des reflektierten Lichts zu identifizieren. Die Funktion erzeugt ein Strahlenbündel, das von dieser Oberfläche ins Auge treten würde, und konstruiert rückwärts die Ausgangsrichtungen dieser Strahlen. Diese auf die Oberfläche eintretenden Strahlengänge werden hinsichtlich ihres Herkunftsortes analysiert.

Wird als zu analysierende Oberfläche beispielsweise das Deckglas der Instrumente ausgewählt, so ermittelt die Funktion die Strahlengänge des Deckglases, die vom Innenhimmel des Fahrzeugdaches, durch das Glas der Frontscheibe oder aus der Abschirmung der Hutze auf das Deckglas treffen und dann ins Fahrerauge reflektiert werden (vgl. Abbildung 1). Mit Hilfe dieser Funktion kann der auslegende Ergonom im CAD-System überprüfen, ob die Lichtabschirmung von Anzeigen im Fahrzeug ausreicht oder mit hellen Reflexen auf Oberflächen zu rechnen ist. Somit kann die systematische Überprüfung von Ursachen der psychologischen Blendung sowohl im Tageslicht, wie auch bei Nachtfahrten bereits im Stadium der virtuellen Modelle besser überprüft werden.

Als Vorteil gegenüber Bild gebenden Renderingverfahren, wie sie bereits heute schon zur Analyse dieser Fragen eingesetzt werden, ist festzustellen, dass diese neue RAMSIS-Funktion bereits mit dem Analyseergebnis aufzeigt, welche geometrischen Abstände der kritischen Strahlengänge bis zu einer blendfreien Konstellation der Umgebungsgeometrie bestehen. Somit werden die erforderlichen konstruktiven Änderungsmaßnahmen direkt unterstützt.

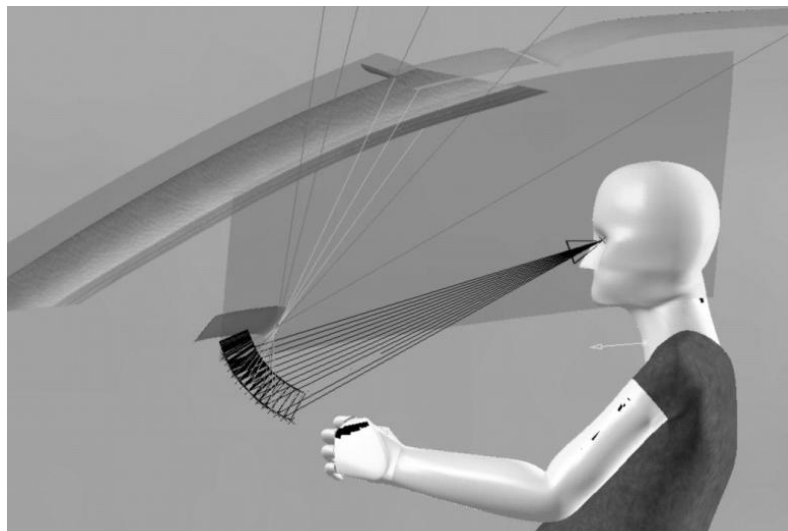


Abbildung 1: Reflektierter Strahlengangsverlauf

3. Sehschärfeanalyse

Als weitere Analysefunktion zur Prüfung der Informationsaufnahme im Fahrzeug ist die Sehschärfeanalyse in RAMSIS vorgesehen. Mit Hilfe dieser Funktion kann auf den eingestellten Fixationspunkt des RAMSIS-Manikins entsprechend der Sehschärfe des Fahrers lesbare Zeichen dargestellt werden (vgl. Abbildung 2). Diese Zeichen dienen dazu, die Größe von Beschriftungen von Anzeigen oder Stellteilen, also auf Zifferblättern, Displays oder Schalterkappen auf ihre Lesbarkeit zu vergleichen. Die eingblendeten Zeichen können in ihrer Größe verändert werden, indem der Sehwinkel entsprechend des Sehschärfe-Visus, verändert wird (Lachenmayr 1993; Krueger 1989).

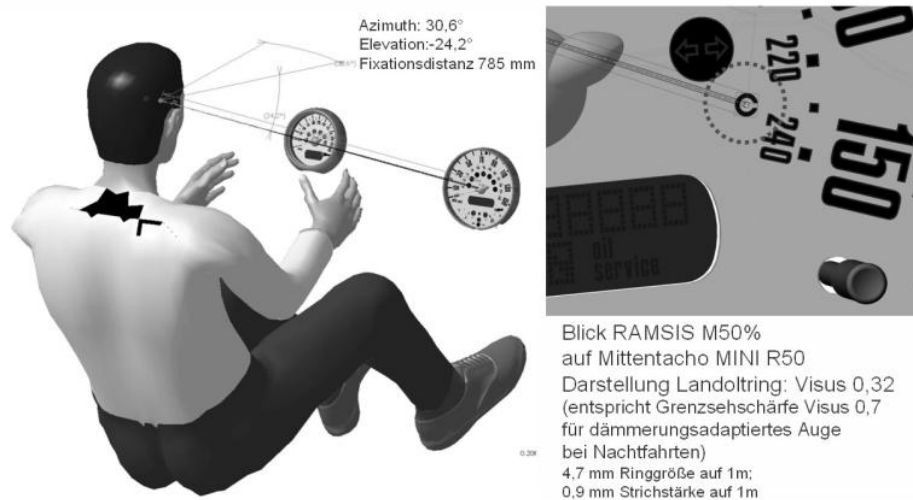


Abbildung 2: Sehschärfeanalyse für Instrumente

Die dargestellten Zeichen sind entweder der Landoltring oder alphanumerische Schriftzeichen. Dem prüfenden Ergonomen wird dadurch die Möglichkeit gegeben, aufgrund der in der CAD-Umgebung erstellten Anzeigeoberflächen die Zeichengrößen, -abstände, Linienstärken und auch Ausrichtungen zum Fahrerauge systematisch zu überprüfen und gegebenenfalls anzupassen. Dadurch können die ergonomisch empfohlenen Zeichengrößen direkt, auch perspektivisch, in die geometrische Gestaltung der Fahrerumgebung übertragen werden.

4. Akkomodationsentfernung

Neben der Sehschärfe ist auch die Akkomodationsfähigkeit des Auges einer deutlichen Abschwächung mit zunehmendem Lebensalter unterworfen. Diese so genannte Alterssichtigkeit wird üblicherweise in der Duane'schen Kurve dargestellt, die zudem den Überlagerungseffekt mit Kurz- und Weitsichtigkeit zeigt. RAMSIS wird diese minimalen Distanzen für das Scharfsehen unter einstellbarer Altersvorgabe einblenden. Damit können die Positionen der Anzeigen hinsichtlich der Ablesbarkeit durch ältere Fahrer bewertet werden (Draeger 1995).

5. Blickfelder

Eine besondere Praxisrelevanz für die Auslegung von Fahrzeugen wird in der Funktion der Darstellung der Blickfelder gesehen. Diese Funktion setzt die ergonomischen Basisdaten der maximalen bzw. optimalen Blickfelder des Menschen in eine geometrische Analysefunktion in RAMSIS um. Entsprechend der Daten aus Lange (2006) und Schmidtke (1989) erhält RAMSIS anhand seiner Körperhaltung in Fahrposition Sichtkegel in die Augpunkte gelegt, die die Winkelbereiche für die dreidimensionalen Blickfeldwinkel des entsprechenden Fahrers anzeigen. Bei der Anwendung im CAD-System kann nun die Lage von Anzeigen im Fahrzeug hinsichtlich der Möglichkeit eines schnellen bzw. komfortablen Blickwechsels überprüft werden. Da RAMSIS auch eine Sichtperspektive aus dem Fahrerauge simulieren kann, bietet diese Funktion einen leicht verständlichen Hinweis auf die bevorzugte Position einer Anzeige (vgl. Abbildung 3).



Abbildungen 3: Vergleich des Maximalen Blickfeldes (links.: mittlerer Mann, rechts: kleine Frau)

Die zusätzliche Darstellung der Gesichtsfeldgrenzen erlaubt zudem die Überprüfung der Sichtbarkeit von Kontrollleuchten im peripheren Bereich oder auch bei Kopfdrehungen. Die Darstellung der Blickfelder hat bei der Fahrzeugauslegung eine besondere Relevanz. Die Augpunktpositionen kleiner Frauen liegen weit vorne, so dass der nutzbare Anordnungsbereich für die diversen Anzeigen im Bereich der Instrumententafel sehr klein wird (vgl. Abbildung 3).

6. Gesichtsfelder von Brillenträgern

Auch in Bezug auf die Blickfeldgrenzen treten durch zunehmendes Alter der Personen Einschränkungen auf. Das Brillentragen bewirkt eine geometrische Begrenzung des Blickfeldes. Je nach ausgewähltem Fassungsstyp grenzen die Ränder des Brillenglases den Bereich der Augenbewegungen deutlich ein. RAMSIS simuliert diese Einschränkungen mittels zweier ausgewählter Brillengrößen.

Dazu wurden die beiden Brillen nach augenoptischen Daten aus Goersch (2000) und Fahrner (1998) positioniert (vgl. Abbildung 4).

Übertragung der Brillenparameter auf RAMSIS

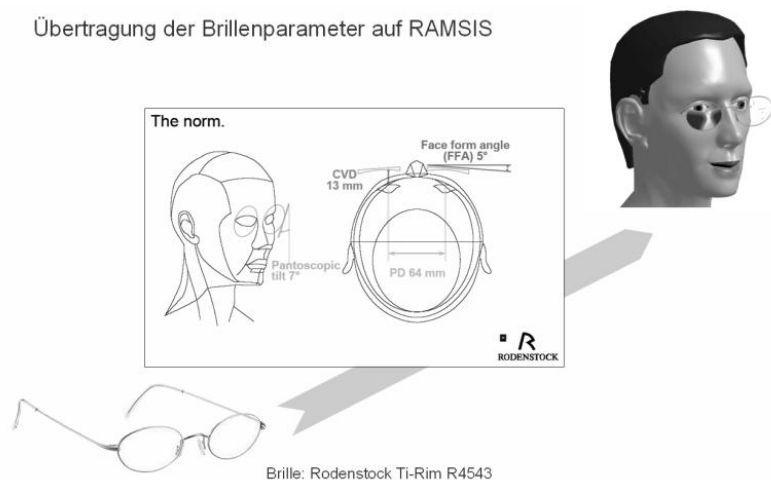


Abbildung 4: Zuordnung der Brillenparameter

Die Areale des Scharfsehens werden bei Verwendung einer Gleitsichtbrille nochmals reduziert. Im Nah- und Übergangsbereich steht dem Brillenträger somit ein sehr begrenzter Korridor für seine nutzbare Augenbewegung zur Verfügung (vgl. Abbildung 5).



Abbildung 5: Fahrerblickfeld mit Gleitsichtbrille

Diese Bereiche verdeutlichen dem RAMSIS-Anwender in der Fahrzeugentwicklung, die erforderliche Kopfbewegung von Gleitsichtbrillenträgern für alle Sichtaufgaben seitlich der Fahrermitte. Zusätzlich werden auch die Korridore für die unterschiedlichen Entfernungsbereiche des Gleitsichtglases visualisiert.

Eine softwaretechnische Umsetzung dieser Funktionen durch die Fa. Human Solutions GmbH ins 3D-Menschmodell RAMSIS ist bereits erfolgt und steht den Projektpartnern zur Verfügung. Das Projekt „RAMSIS kognitiv“ läuft noch bis 2009 und wird weitere Analyse- und Auslegungsfunktionen für die optische Wahrnehmung in Fahrzeugen erarbeiten.

7. Literatur

1. Draeger, J. 1995, Die Rolle des Fern- und Nahpunktes des Auges des Piloten für die anthropometrische Cockpitgestaltung – funktionelle Risiken bei Ihrer Vernachlässigung. In: K.-P. Gärtner (Hrsg.), Anthropometrische Cockpitgestaltung, DGLR-Bericht 95-02. Bonn: Deutsche Gesellschaft für Luft- und Raumfahrt, 177-181.
2. Fahrner, D. 1998, Brillenkunde. Pforzheim: Verlag Bode.
3. Goersch, H. 2000, Handbuch für Augenoptik. Oberkochen: Carl Zeiss.
4. Krueger, H. 1989, Arbeiten mit dem Bildschirm – aber richtig!. München: Staatsministerium für Arbeit und Sozialordnung.
5. Lachenmayr, B. 1993, Potentielle Sehschärfe bei Störungen der brechenden Medien: Prüfung der sogenannten retinalen Sehschärfe. München: Quintessenz.
6. Lange, W., Windel, A. & Kirchner, J.-H. 2006, Kleine Ergonomische Datensammlung. Köln: Verlag TÜV Rheinland.
7. Remlinger, W. 2006, Ergonomische Cockpitauslegung für zukünftige Fahrzeuge, Tagungsband Karosseriebautage Hamburg 2006. Wiesbaden: Vieweg.
8. Remlinger, W. & Bubb, H. 2007, Erweiterte Möglichkeiten der Sichtanalyse mit dem Menschmodell RAMSIS. In: M. Grandt & A. Bauch (Hrsg.), Simulationsgestützte Systemgestaltung, DGLR-Bericht 2007-04). Bonn: Deutsche Gesellschaft für Luft- und Raumfahrt, 189-198.
9. Schmidtke, H. (Hrsg.) 1989, Handbuch der Ergonomie. München: Hanser.

Entwicklung eines Kompendiums zur Anwendung der Ergonomie und Prüfung der Gebrauchstauglichkeit von Produkten

Armin WINDEL und Tobias BLEYER

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

Kurzfassung: Im Beitrag wird ein Ergonomie-Kompendium und Ergebnisse der ersten Einsätze vorgestellt, das als gemeinsames Forschungsprojekt des TÜV Rheinland Product Service (TRPS) und der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (Fachgruppe Ergonomie) (BAuA) entstand. Das Kompendium enthält eine Verfahrenssammlung zur praktischen Prüfung der Gebrauchstauglichkeit von Produkten. Ziel war es, ein für den Prüfer effizientes, zielgerichtetes und universelles Verfahren zu erarbeiten, das wissenschaftliche Gütekriterien dennoch erfüllt. Ausgehend von den Grundlagen der Ergonomie werden die wichtigsten Begriffe und Definitionen der Ergonomie und Gebrauchstauglichkeit behandelt, die für eine Produktprüfung notwendig sind. Das zentrale Element der Gebrauchstauglichkeitsprüfung bildet der Nutzungskontext, mit Hilfe dessen die relevanten Aspekte für Produkthanforderungen konkretisiert werden. Die Systematik sieht eine Einteilung der Gebrauchstauglichkeitselemente in die fünf Hauptkategorien Anzeigen, Bedien- und Stellteile, Griffe und Greifflächen, Bewegungsabläufe und Körperhaltungen sowie die Dialoggestaltung vor. Das entwickelte Prüfschema baut auf Erfahrungen bei Produktprüfungen von technischen Arbeitsmitteln und Konsumerprodukten der TÜV Rheinland Group auf und stützt sich auf aktuelle wissenschaftliche Kenntnisse der BAuA und den Stand der Technik. Produkthanforderungen für die Ergonomie und Gebrauchstauglichkeit lassen sich nach ersten Einsätzen mit diesem praktikablen Ansatz sinnvoll darstellen sowie effizient ermitteln und analysieren.

Schlüsselwörter: Gebrauchstauglichkeit, Produktprüfung, Verfahrenssammlung, Nutzungskontext.

1. Einleitung

Die Europäischen Richtlinien zur Verbesserung der Sicherheit am Arbeitsplatz verlangen zur Sicherung des freien Warenverkehrs eine verbindliche Regelung in Bezug auf die Gestaltungsziele von Produkten. Gesundheit und Wohlbefinden der Benutzer sind wesentliche Forderungen. Die Gestaltung muss daher den allgemeinen ergonomischen Forderungen entsprechen und dem gesetzlichen Hintergrund genügen.

Ziel des Projektes war es, vor diesem Hintergrund einen allgemeingültigen, ergonomischen Anforderungskatalog sowie ein darauf basierendes Prüfschema zu entwickeln, das die ergonomische Qualität von Arbeitsmitteln, aber auch von Geräten des privaten Bereiches evaluierbar macht und unmittelbar zur Verbesserung der Gebrauchstauglichkeit beiträgt. Zunehmend komplexere Produkte erfordern die Sicherstellung der ergonomischen Qualität. Da die ergonomische Prüfung im Allgemeinen

fall- bzw. funktionsspezifisch durchgeführt wird, war eine weitgehend produktunabhängige Verfahrensweise bisher nicht verfügbar.

2. Ergebnisse

Das entstandene Kompendium gliedert sich in vier Kapitel die den Prüfvorgang unterstützen. Im Folgenden wird ein kurzer Einblick in die Inhalte geben sowie die wichtigsten Hintergründe vorgestellt.

Die Einleitung zeigt z. B. was das Kompendium leisten kann aber auch was es nicht leisten möchte. Im Kapitel 2 „Grundlagen“ folgt eine kurze Einführung in die Ergonomie mit verwendeten Begriffen und grundsätzlichen Informationen zu den Aspekten Anthropometrie, Biomechanik, Wahrnehmung und Informationsverarbeitung. Es wird kein Anspruch auf Vollständigkeit erhoben, so dass vorwiegend ausgewähltes, in der Praxis häufig benötigtes Wissen angeboten wird.

Kapitel 3 „Verfahrensanleitung“ umfasst die konkrete Anwendung des Kompendiums im Rahmen einer Produktprüfung. Die zentralen Ansätze werden ebenfalls erläutert: Nutzungskontext, Komponentenbetrachtung und die Verwendung von Anforderungskategorien. Des Weiteren wird der standardisierte Ablauf einer Prüfung (Vorbereitung, Durchführung, Auswertung, Dokumentation) vorgestellt. Im vierten Abschnitt „Prüf- und Bewertungsmethoden“ werden die Werkzeuge für die jeweiligen Prüfungen bereitgestellt: Methodische Grundlagen, Prüfbausteine und Messmittel. In den methodischen Grundlagen finden sich allgemeingültige Informationen zu typischen Untersuchungsmethoden (Benutzertest, Checklisten etc.) aber auch zur Anwendung von Messmitteln und zur Berücksichtigung von Messunsicherheiten. Die Standardprüfbausteine beschreiben die Bedeutung des Nutzungskontextes, die Bewertung einzelner Produktkomponenten (Dialoggestaltung, Griffe-/Greifflächen, Bedien-/Stellteile, Anzeigen/Beschriftungen und Bewegungsabläufe/Körperhaltungen) und unterstützen die Gesamtbewertung der Untersuchungsobjekte.

2.1 Nutzungskontext

Die wichtigsten Inhalte, die in den Prüfbausteinen zum Tragen kommen, sind der Nutzungskontexte, die Komponentenprüfung und die ergonomischen Anforderungen.

Zentraler Bestandteil der Entwicklung von Produkten und der Bewertung der Gebrauchstauglichkeit ist der Nutzungskontext. Erst das Verständnis der Randbedingungen, in denen ein Produkt verwendet werden soll, ermöglicht dem Entwickler, Anforderungen an das Produkt zu spezifizieren, um zu entsprechenden Gestaltungslösungen zu gelangen. Wie in der Entwicklung eines Produktes, so wird auch bei der Prüfung in vielen Phasen auf die Informationen aus dem Nutzungskontext zurückgegriffen. Er umfasst u. a. die (räumliche) Nutzungsumgebung, die Nutzergruppen, die Aufgabenstellung etc. und findet sich daher in den einzelnen Prüfbausteinen jeder Produktkomponente wieder.

2.2 Komponentenprüfung

Ist das zu prüfende Produkt spezifiziert, werden diejenigen Komponenten identifiziert, die Einfluss auf die Gebrauchstauglichkeit des Produktes nehmen. Einige Komponenten sind offensichtlich; so erkennt man Anzeigen und Bedienteile in der Regel auf den ersten Blick. Andere Komponenten ergeben sich aus dem Nutzungs-

kontext und den dort spezifizierten Aufgaben. Greifflächen kann man teilweise nur identifizieren, indem man Benutzer im Umgang mit dem Produkt beobachtet.

Sind einzelne Komponenten identifiziert, werden im nächsten Schritt die Anforderungen analysiert, die an diese Komponente zu stellen sind. Dazu wird zunächst geprüft, welche Anforderungskategorien für die jeweilige Komponente zutreffend sind. Es ergibt sich somit eine Prüfmatrix, in der jeder Komponente des Produktes eine oder mehrere Kategorien zu überprüfender ergonomischer Anforderungen zugeordnet werden kann. Diese Matrix dient der systematischen Ermittlung aller relevanten Prüfkriterien: Dialoggestaltung (Bereich der kognitiven Ergonomie), Griffe und Greifflächen (Bereiche Ergonomie und Biomechanik), Bedien- und Stellteile (Bereiche kognitive Ergonomie und Biomechanik) sowie Anzeigen und Beschriftungen (kognitive Ergonomie) und Bewegungsabläufe (Biomechanik). Aufbauend auf dieser Matrix werden schließlich die detaillierten Prüfgrößen sowie die zugehörigen Prüfverfahren ausgewählt und zusammengestellt.

Die ergonomischen Kenngrößen werden zurzeit nicht erfasst. Grund hierfür ist, dass das Kompendium die produktspezifischen ergonomischen Anforderungen abbilden soll, während Parameter der Umgebung, die ggf. relevant sein können, wie z. B. Schwingungen, Lärm und Wärme bzw. Kälte erst in einem zweiten Schritt integriert werden sollen. Für akustische Signale (z. B. Warntöne etc.) gilt bereits jetzt, dass diese als Teil der kognitiven Ergonomie im Prüfschema enthalten sind.

2.3 Ergonomische Anforderungen

Die Zusammenstellung der ergonomischen Anforderungen ist zentraler Bestandteil jeder Produktprüfung und erfolgt auf Basis verschiedener Quellen. Hier sind zunächst bekannte ergonomische Anforderungen aus den Fachgebieten Anthropometrie und Biomechanik zu nennen sowie die Anforderungen, die aus der Interaktion Mensch-Maschine resultieren. Sie umfassen insbesondere die Schnittstellbetrachtung an Griffen, Stellteilen, Anzeigen etc. Weitere Anforderungen liefern Benutzerbefragungen, die in Vorgesprächen ermittelt werden und zukünftig durch Referenzobjekte aus der Wissensdatenbank des Kompendiums gestützt und erweitert werden.

Das Kompendium versteht sich als benutzerorientiertes und kontextbasiertes Verfahren. Die Anforderungsanalyse basiert daher nicht ausschließlich auf der Messung und Überprüfung ergonomischer Kennzahlen, sondern stützt sich insbesondere auf die parallel oder im Anschluss verlaufenden Benutzertests, die zur Validierung einer jeden Produktprüfung beitragen sollen.

3. Erster Einsatz

Die Ergebnisse des Projektes wurden in dem zuvor beschriebenen Kompendium zusammengefasst und erprobt. Es lag in der ersten Fassung bereits eine effiziente, und universelle Verfahrensanweisung vor. Praxiserfahrene Prüfer konnten die umfassende Verfahrensanweisung für die Untersuchung unterschiedlicher Produkte, die darin enthaltenen Prüf- und Bewertungsmethoden, die wissenschaftlichen und normativen Hintergrundinformationen aber auch die Hilfen zur Anwendung des Kompendiums an beispielhaften Untersuchungsobjekten anwenden.

In den Arbeitsgruppen von TRPS und BAUA wurde das Kompendium bereits erfolgreich eingesetzt werden. Es wurden unterschiedliche Produkte untersucht, sowohl komplexe Navigationssysteme, als auch weniger komplexe, handgehaltene

Maschinen wie Schlagbohrmaschinen, Handkreissägen und Staubsauger aber auch klassische Handwerkzeuge wie Schaufeln. Die Prüfer konnten während des gesamten Prüfvorganges auf das Kompendium zurückgreifen und sich führen lassen. Insbesondere die stringente Verfahrensführung und die umfassende Ermittlung und Einbindung des Nutzungskontextes erwiesen sich als praxisnah und sehr gut umsetzbar. Die Ergebnisse dieser Erprobung wurden bereits als Praxisbeispiele in das Kompendium implementiert.

4. Ausblick

Das Kompendium ist für die alltägliche Laborarbeit und die Produktprüfung entwickelt worden und bildet damit gleichzeitig die Grundlage für ein Qualitätsmanagement in Ergonomie-Laboren. Auf diese Weise kann ein Beitrag zur Erfüllung der Kriterien guter wissenschaftlicher Praxis geleistet werden. Möglicherweise können die Inhalte des Kompendiums auch zur weiteren Differenzierung von Ergonomie-Anforderungen innerhalb verschiedener Normen beitragen und offensichtliche Lücken nicht nur bei der Normierung von Prüfverfahren schließen.

Die Erfassung und Bewertung von Prüfverfahren wird zukünftig an Bedeutung gewinnen und bedarf aus diesem Grund einer Objektivierung und Vereinheitlichung. Dazu zählt auch die fortwährende Aktualisierung sowohl ergonomischer Kenngrößen als auch der zugehörigen Prüfverfahren. Von besonderer Wichtigkeit ist auch die Generierung neuer Prüfverfahren, die aktiv durch das Kompendium gestützt werden soll und mit denen es gleichzeitig wachsen wird.

Das Kompendium versteht sich als ausbaubare Arbeitshilfe und wird über das Projektende hinaus durch die Laborarbeit der BAuA ergänzt, fortgeführt und optimiert werden. Dies gilt insbesondere für die praxisorientierten Anhänge deren Daten-, Normen- und Literatursammlungen fortlaufend aktualisiert werden ebenso wie weitere konkrete Beispiele für die Anwendung des Kompendiums hinzugefügt werden.

5. Literatur

1. DATech (Hrsg.) 2006, DATech-Prüfhandbuch Gebrauchstauglichkeit. Leitfaden für die ergonomische Evaluierung von interaktiven Systemen auf Grundlage von DIN EN ISO 9241, Teile 11 und 110. Frankfurt am Main: DATech in der TGA GmbH.
2. Scheuer, S. 2007, Endbericht zum Forschungsprojekt F 2116, Entwicklung eines Kompendiums zur Anwendung der Ergonomie und Prüfung der Gebrauchstauglichkeit von Produkten. Im Druck.

Effizienzsteigerung der Nutzungskontextanalyse des Ueware-Engineering durch den Einsatz eines Analysewerkzeugs

Gerrit MEIXNER¹, Daniel GÖRLICH² und Alexander BÖDCHER³

¹ *Zentrum für Mensch-Maschine-Interaktion (ZMMI) am Deutschen Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz GmbH (DFKI), Trippstadter Straße 122, D-67663 Kaiserslautern*

² *Technische Universität Kaiserslautern, Gottlieb-Daimler-Str. 42, D-67663 Kaiserslautern*

³ *Eurospace GmbH, Schillerstr. 20, D-60313 Frankfurt/Main*

Kurzfassung: Dieser Beitrag beschäftigt sich mit der Effizienzsteigerung der Nutzungskontextanalyse durch den Einsatz eines Analysewerkzeugs. Nach einer Einleitung wird der nutzer- und aufgabenorientierte Entwicklungsprozess des Zentrums für Mensch-Maschine-Interaktion vorgestellt. Im Anschluss wird das Werkzeug useDATA näher erläutert. Abgeschlossen wird dieser Beitrag durch eine kurze Zusammenfassung sowie einen Ausblick auf die Weiterentwicklung des Werkzeuges.

Schlüsselwörter: Nutzungskontextanalyse, Ueware-Engineering, Usability, Benutzungsmodell.

1. Einleitung

Im Zuge immer kürzerer Produktlebenszyklen und zunehmend komplexerer Geschäftsprozesse wird dem Entwicklungsprozess für ein Produkt immer weniger Zeit zugestanden. Eine klare Definition von Anforderungen sowie die strukturierte Vorgehensweise bei deren Erhebung gewinnen daher weiter an Bedeutung und müssen in ganzheitliche Engineering-Prozesse integriert werden.

Im Rahmen dieses Beitrages wird nachfolgend der Ueware-Engineering-Prozess (Zühlke 2004) des Zentrums für Mensch-Maschine-Interaktion (ZMMI) und seine Bedeutung im Rahmen der benutzerzentrierten Systementwicklung vorgestellt. Die Identifikation spezifischer Merkmale der Nutzer und ihrer Arbeitsaufgaben sowie der organisatorischen und physischen Umgebungen während der Arbeit, wird durch die methodische Durchführung einer Nutzungskontextanalyse zu Beginn des Prozesses erreicht.

2. Ueware-Engineering-Prozess

Durch die Vielzahl der im ganzheitlichen Analyseverfahren entstehenden Daten bleibt die Wahrung des Überblicks nur noch durch eine strukturierte, elektronische Datenhaltung möglich. Dafür wurde am ZMMI ein Analysewerkzeug geschaffen, welches zur Anlegung einer zentralen Datenbasis dient, die vor allem die vollständige Bereitstellung aller im Prozess anfallenden Daten sicherstellt.

Die konkrete Weiterverwendung der im Analysewerkzeug abgelegten Daten erfolgt auf Grundlage der Erfordernisse der nachfolgenden Prozessphasen. Da das

Ueware-Engineering einen nutzer- und aufgabenorientierten Prozess (s. Abbildung 1) verfolgt, stehen auch während der Analyse die Nutzer und ihre Aufgaben im Mittelpunkt. Bei der Nutzungskontextanalyse werden bspw. anhand von Befragungen oder Beobachtungen Eigenschaften und Verhaltensweisen aktueller, potenzieller und zukünftiger Nutzer bestimmt. Aus ihren Anforderungen und Vorgehensweisen bei der Bedienung des Systems werden zunächst individuelle Aufgabenmodelle und Nutzergruppen abgeleitet, sowie Gemeinsamkeiten als auch Unterschiede zwischen jenen Nutzergruppen. Weiterhin werden während der Analyse z.B. Umgebungs- und Arbeitsbedingungen, Team- und Arbeitsorganisation, etc. untersucht.

Im Mittelpunkt der Strukturgestaltungsphase im Anschluss an die Analyse stehen zunächst die Harmonisierung und die Zusammenführung der individuellen Aufgabenmodelle und Nutzeranforderungen zu einem gemeinsamen, geräteübergreifenden, plattformunabhängigen Benutzungsmodell. Dieses Modell beschreibt bspw., welche Aufgaben welche Nutzergruppen an welchen Orten und an welchen Geräten durchführen können, bzw. dürfen. Anhand der Priorisierung, Sortierung und Einordnung der Aufgaben wird dadurch eine zunächst abstrakte Bedienstruktur festgelegt und in der Ueware Markup Language (useML) gespeichert (Reuther 2003).

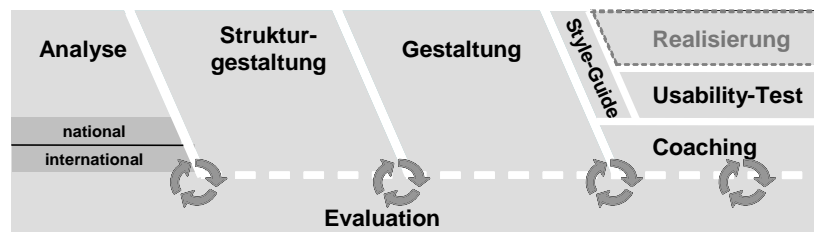


Abbildung 1: Schematische Darstellung des Ueware-Engineering-Prozesses

Erst im Anschluss an die iterative Strukturgestaltungsphase, in der frühzeitig Fehler oder Unzulänglichkeiten in modellierten Bedienstrukturen festgestellt und behoben werden können, findet die eigentliche Gestaltung des (zukünftigen) Systems statt. Wiederum anhand der Nutzeranforderungen und der Analyseergebnisse werden Visualisierungs-, Navigations- sowie Interaktionskonzepte ausgewählt und zweckmäßig kombiniert. Der Gestaltung eines groben Maskenlayouts folgt zuletzt die Feingestaltung ergonomischer Bedienmasken, wobei der Fokus auf der effizienten Unterstützung der Nutzer und auf der schnellen, gezielten Informationsvermittlung liegt, um dem Nutzer passende Entscheidungshilfen zu bieten. Dabei orientiert sich die Gestaltung neben den erhobenen Nutzeranforderungen zusätzlich an Normen, Richtlinien, Style-Guides, evtl. der Corporate Identity, Arbeitsbedingungen, der Ausbildung der Nutzer u.v.m. Auch diese Informationen sollten bereits während der Analysephase gesammelt und selbstverständlich in allen nachfolgenden Phasen der Systementwicklung den Entwicklern zur Verfügung gestellt werden.

3. Analysewerkzeug useDATA

Um den Überblick über die Vielzahl an anfallenden Daten in komplexen Ueware-Engineering-Prozessen (s. Kapitel 2) zu wahren, wird mit useDATA eine strukturierte und EDV-basierte Datenhaltung und Auswertung ermöglicht. Somit stellt useDATA Effektivität (durch Durchgängigkeit und Konsistenz) und Effizienz (durch Strukturierung und Unterstützung des Vorgehens) im dargestellten Entwicklungsvorgehen sicher. Dafür muss die einfache Verwendbarkeit des Analysewerkzeuges vor, nach

und während der Erhebungen gewährleistet sein.

Um den oben genannten Anforderungen an das Analysewerkzeug gerecht zu werden, setzt sich useDATA aus einer MySQL-Datenbank und einer Bedienoberfläche für das Analysewerkzeug zusammen. Es wird entlang eines strukturierten Vorgehens innerhalb der Analysephase des Ueware-Engineering-Prozesses verwendet, das grob aus den Phasen Vorbereitung, Durchführung und Auswertung besteht (Bödcher 2007).

Zentrales Planungselement von useDATA in der Vorbereitungsphase ist ein speziell auf das Ueware-Engineering angepasster, generischer Anforderungskatalog, der in seiner Grundform zu Beginn der Planungsphase durch das Analysewerkzeug (s. Abbildung 2) zur Verfügung gestellt wird. Durch seine Erweiterbarkeit in Tiefe und Breite entspricht der Anforderungskatalog allen Anforderungen an Flexibilität. Er ist in seiner Gesamtheit jederzeit zugreifbar und bildet die Basis jedes Datensatzes (d.h. jeder Einzelerhebung). Außerdem erhöht die Strukturierung die Übersichtlichkeit und erlaubt einen schnellen Zugriff auf einzelne Datenkategorien. Die Spezifikation von Datenkategorien, ermöglicht die Entscheidung, in welcher Form Daten letztlich zur Verfügung stehen (qualitativ, quantitativ, modellbasiert).

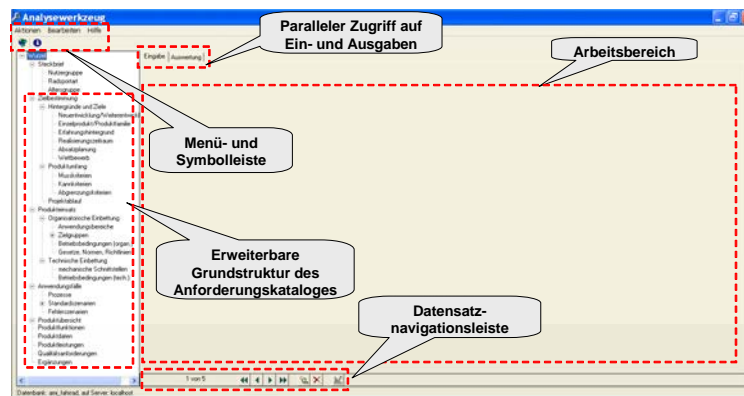


Abbildung 2: Bedienoberfläche von useDATA

Praxistests haben gezeigt, dass die Erhebung und Auswertung innerhalb der Analysephase parallel verlaufen – dokumentierte und ausgewertete Daten werden für weitere Erhebungen wieder verwendet. Dies berücksichtigt auch useDATA durch die Möglichkeit des schnellen Wechsels zwischen Ein- und Ausgabebereich. Bei der Durchführung wird die Erhebung der Daten in erster Linie durch die vorherige Spezifikation der Datenkategorien unterstützt, die eine schnelle und zielorientierte Eingabe der Daten ermöglicht. Dies wird z.B. durch das Fehlen einer zwingenden Bearbeitungsreihenfolge weiter unterstützt.

Die Dokumentation der Daten erfolgt direkt durch die Eintragung in das Analysewerkzeug und damit parallel zur Erhebung. Alle Daten werden sowohl in ihrer Ursprungsform als auch in einer vom Analysewerkzeug aufbereiteten Form vorgehalten. So können Personen und nachgestellte Werkzeuge die Daten auf unterschiedliche Weise nutzen. Im ersten Schritt der Auswertung erfolgt automatisch eine einfache Form der Harmonisierung und Bewertung der gesammelten Daten durch das Analysewerkzeug. Die Vorgehensweise dafür wird durch die zuvor festgelegte Spezifikation der einzelnen Datenkategorien bestimmt:

- Bei qualitativen Daten handelt es sich um subjektiv geprägten und frei formulierten Text. Zunächst sieht das Analysewerkzeug dafür lediglich eine Zusammenfassung aller Einzeltexte innerhalb der Datenkategorien vor, um der Ge-

fahr von Informationsverlust vorzubeugen. Durch die Möglichkeit der Auszeichnung der Texte (Fettdruck, etc.) bei der Eingabe lassen sich bspw. Zusammenhänge oder Prioritäten visualisieren. Dies ermöglicht in einem weiteren Schritt die manuelle Strukturierung, Zusammenfassung oder Explikation der Daten zu formalisierten Sekundärdaten.

- Bei quantitativen Daten ist durch die Spezifikation schon die Grundlage für eine automatische Zusammenfassung in Form von statistischen Ergebnissen geschaffen. Dafür werden ebenfalls die verschiedenen Antworten über alle Datensätze zusammengefasst. Eine Ergebnisdarstellung erfolgt in Form eines kommentierten Kreisdiagramms. Die Aussagekraft quantitativer Daten ist somit sehr hoch.
- Aufgabenmodelle werden als strukturelle Daten im Analysewerkzeug erhoben. Aufgabenmodelle der Nutzer mit evtl. verschiedenartigem Vokabular werden in einem eigenen Datensatz zusammengefasst. Daher ist im Analysewerkzeug nur eine Eingabe der Daten vorgesehen, die jedoch zugleich formalisierte Ergebnisse der Ausgabe darstellen.

Ausgewertete und ggf. angereicherte qualitative und quantitative Daten können in gängige Microsoft-Office-Komponenten (z.B. PowerPoint, Word) exportiert werden. Strukturelle Daten können in Form eines minimalisierten Benutzungsmodells in die Sprache useML exportiert werden.

4. Aktuelle Weiterentwicklung und Ausblick

Zur Konsistenzerhaltung des durchgängig modellbasierten Ueware-Engineering-Prozesses wird aktuell eine neue XML-basierte Speicherstruktur der Analysedaten entwickelt. Das relationale Datenbankkonzept wird durch die Ueware Data Description Language (useDDL) ersetzt. Mittels useDDL wird die Datenbearbeitung und -extraktion erleichtert. Spätere Weiterentwicklungen des Werkzeugs werden neben Multilingualität (z.B. Englisch) auch eine Exportmöglichkeit in die ConcurTaskTree-Notation (CTT) von (Paternò 1999), einer Modellierungssprache für Aufgabenmodelle, bieten.

5. Literatur

1. Bödcher, A. 2007, Methodische Nutzungskontext-Analyse als Grundlage eines strukturierten Ueware-Engineering-Prozesses, Fortschritt-Berichte pak, Band 14. Kaiserslautern: Technische Universität Kaiserslautern.
2. Paternò, F. 1999, Model-Based Design and Evaluation of Interactive Applications. Berlin: Springer.
3. Reuther, A. 2003, useML – Systematische Entwicklung von Maschinenbediensystemen mit XML, Fortschritt-Berichte pak, Band 8. Kaiserslautern: Technische Universität Kaiserslautern.
4. Zühlke, D. 2004, Ueware-Engineering für technische Systeme. Berlin: Springer.

Ergebnisse einer Verbraucherbefragung zur Bedienbarkeit von Produkten

André KLUSSMANN¹, Hansjürgen GEBHARDT¹, Martin TOPEL²
und Heiner W. MÜLLER-ARNECKE³

¹ *Institut für Arbeitsmedizin, Sicherheitstechnik und Ergonomie (ASER) e.V.,
Corneliusstr. 31, D-42329 Wuppertal*

² *Fachgebiet Industrial Design, Bergische Universität Wuppertal,
Gaußstr. 20, D-42119 Wuppertal*

³ *Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA),
Gruppe 2.5 Ergonomie,
Friedrich-Henkel-Weg 1-25, D-44149 Dortmund*

Kurzfassung: Auch vor dem Hintergrund des demografischen Wandels und der damit verbundenen breiteren Altersverteilung sowohl im Berufs- als auch im Privatleben kommt der Bedienbarkeit von Produkten eine zunehmend höhere Bedeutung zu. Die Auswertung einer im Rahmen eines BAuA-Forschungsprojektes (Klußmann et al. 2008) durchgeführten Befragung von über 500 Verbrauchern zeigte, dass das Lebensalter bei der Nutzung von technischen Produkten im Haushalt zwar zur Varianzaufklärung nicht unwesentlich beiträgt, jedoch Aspekte wie Erfahrungshintergrund und das Interesse des Nutzers an den jeweiligen Produkten oder Produktgruppen einen deutlich höheren Einfluss aufweisen. Probleme treten insbesondere dann auf, wenn es sich um komplexe und mit vielen Funktionen beladene Produkte handelt (z.B. Handy, PC, CNC-Maschine, Kopierer), also Produkte, deren Interaktionsfeld mit „Tastatur und/oder Display“ zu bedienen sind. Produktgestalter sind hier aufgefordert, die Gestaltung noch stärker darauf auszurichten, dass sie von Anwender mit unterschiedlichen Erfahrungshintergründen und technischem Verständnis bedient werden können.

Schlüsselwörter: Demografischer Wandel, Produktergonomie, Produktkomplexität.

1. Einleitung

Das bekannte Phänomen des Demografischen Wandels in der Bevölkerung wirft auch viele aktuelle Fragen zur Produktgestaltung auf. Welche Produkte sind es, die in der Bedienung Schwierigkeiten bereiten und gibt es hierbei Unterschiede zwischen älteren und jüngeren Anwendern? Eine standardisierte Befragung von Personen aller Altersgruppen sollte Aufschluss darüber bringen, welche Produkte in der Bedienung Probleme bereiten, welche individuellen Faktoren hier mitbeeinflussend sind und inwiefern das Alter des Anwenders eine Rolle spielt. Besondere Aufmerksamkeit erhielt dabei der Komplexität von Produkten. Diese sind häufig dadurch gekennzeichnet, dass eine Reihe von Funktionen in einem Produkt vereinigt sind. Gerade bei diesen Produkten bestehen erhöhte Anforderungen an die Produktergonomie, hier insbesondere die Bedienbarkeit, da dem Anwender ein entsprechendes mentales Modell vermittelt werden muss.

Zielführende Ansätze bilden hier Kriterien des Universal Designs (Vanderheiden 1997), Kriterien der Gestaltung barrierefreier Produkte (siehe z.B. DIN 2002) oder die Angabe von Prinziplösungen für bestimmte Produktgruppen (siehe z.B. Hölscher et al. 2007).

2. Methode

Für die Verbraucherbefragung wurde vierseitiger Fragebogen entwickelt, der Fragen zu folgenden Merkmalen beinhaltet:

- hinsichtlich der Bedienbarkeit problematische Produkten im Haushalt und am Arbeitsplatz (offene Fragen),
- Bedienbarkeit einzelner Produkten im Haushalt und am Arbeitsplatz (geschlossene Fragen),
- Kaufverhalten und Beurteilung von Qualitätsmerkmalen von Produkten.
- persönliche Grundeinstellung gegenüber Produkten sowie
- soziografische Informationen des Befragten.

Insgesamt wurden 521 Verbraucher, davon 274 Frauen befragt. Die Befragung erhebt keinen Anspruch auf Repräsentativität, vielmehr sollten grundlegende Aspekte der Bedienbarkeit von Produkten ermittelt werden.

3. Ergebnisse

Die befragten Personen sollten zunächst generell beantworten, ob sie mit der Bedienung von technischen Produkten in ihrem Haushalt und ihrer Arbeitswelt Probleme haben. Wie Abbildung 1 zeigt, fällt den meisten Befragten die Bedienung grundsätzlich sehr leicht bis leicht.

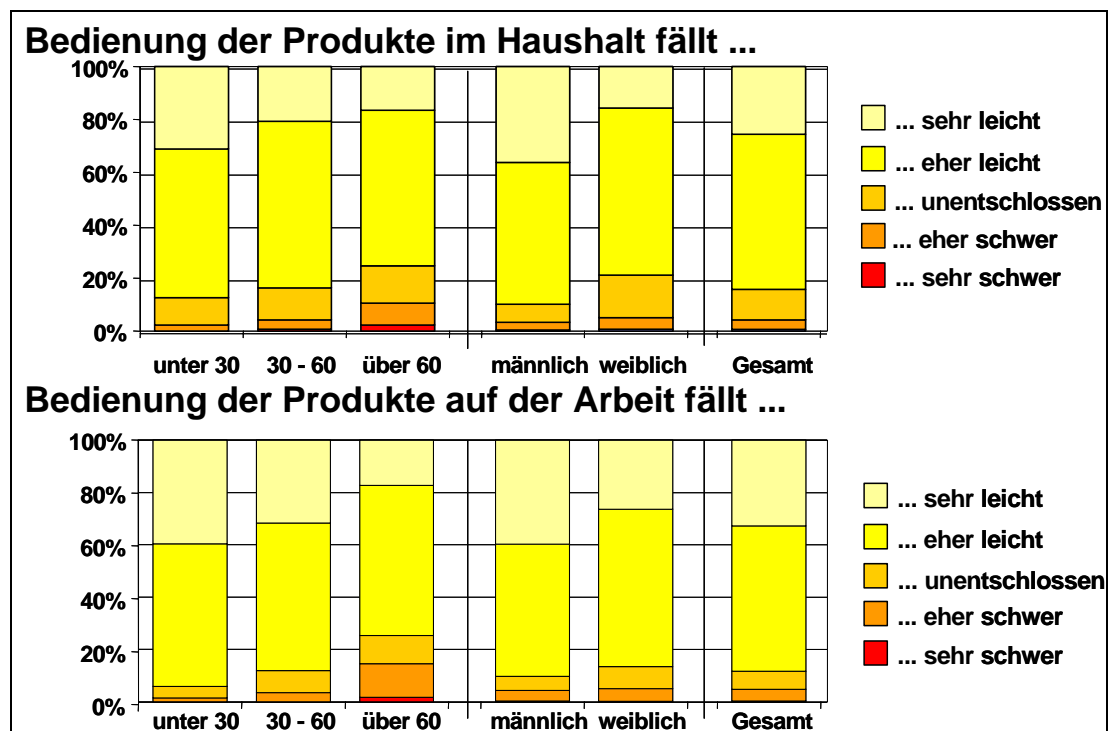


Abbildung 1: Schwierigkeiten bei der Bedienung von Produkten im Haushalt und am Arbeitsplatz

Allerdings ist ein auch ein leichter Altersgang zu beobachten: Ältere Personen geben häufiger an, dass ihnen die Bedienung von technischen Produkten eher schwer bis sehr schwer fällt: während lediglich 8% der unter 30-jährigen dies angeben, ist mit etwa 15% der über 60-jährigen der Prozentsatz nahezu doppelt so hoch. Statistisch ergibt sich jedoch auf der Grundlage der vorliegenden Datenbasis eine eher geringe Korrelation – und damit auch Varianzaufklärung – zwischen dem Alter der Befragten und den Schwierigkeiten beim Bedienen von Produkten im Haushalt ($r=0.289$, $p<0.01$, $N=520$) und auf der Arbeit ($r=0.192$, $p<0.01$, $N=485$).

Im Privatbereich sind es vor allem Videorekorder, Handys, Digitalkameras, Computer und Navigationssysteme, die den Anwendern Probleme bereiten. Als Hauptproblem werden durch die Anwender vor allem die Vielzahl von Funktionen genannt. Gefragt nach Geräten und Produkten aus dem Berufsleben wurden neben dem Computer vor allem Kopierer, CNC-Bedieneinheiten und Telefonanlagen genannt. Kraftbetätigte Produkte wie Bohrmaschinen oder elektrische Handsägen werden dagegen in der Bedienung generationsübergreifend als vergleichsweise unproblematisch angesehen (vgl. Abbildung 2).

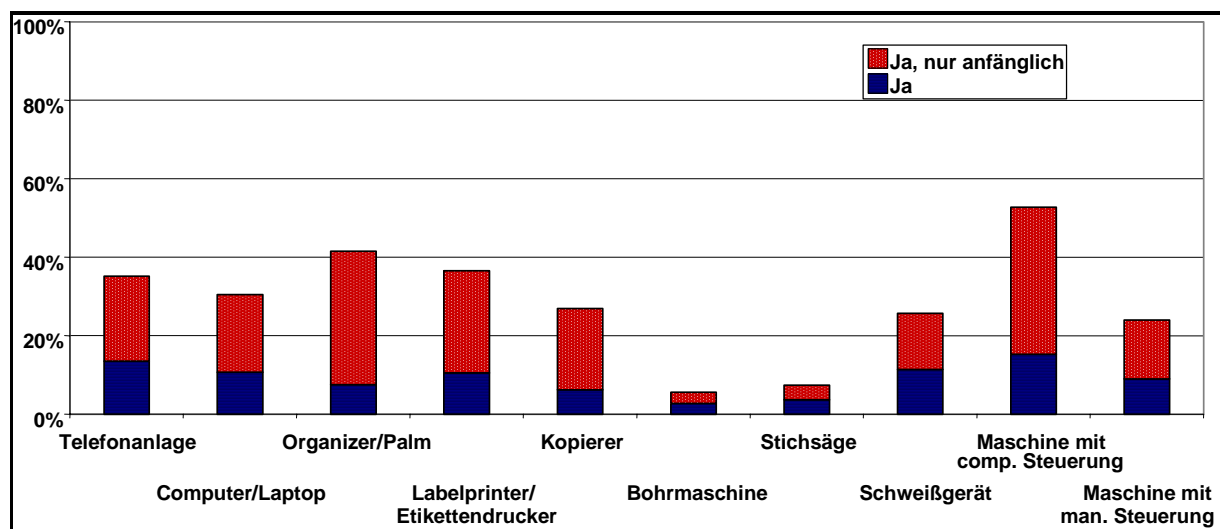


Abbildung 2: Schwierigkeiten bei der Bedienung von Produkten am Arbeitsplatz

Weiterhin sollten die Befragten angeben, ob diese Probleme daran liegen dass das Produkt a) zu viele Funktionen besitzt, b) eine grundsätzlich schwierige Bedienung aufweist oder c) sich die Problematik durch unklare Symboliken ergeben. Auch hier konnten die Befragten auch weitere Probleme unter „sonstiges“ beschreiben (vgl. Abbildung 3).

Deutlicher als mit der Variable „Lebensalter“ lässt sich ein Zusammenhang mit den Variablen „Erfahrungshintergrund“ und „technisches Interesse“ einerseits und der problemlosen Bedienbarkeit andererseits feststellen. Grundsätzlich berichten Ältere jedoch häufiger über Probleme, insbesondere mit komplexen Produkten als Jüngere.

Probleme in der Bedienung von Produkten treten insbesondere dann auf, wenn die Produkte viele Funktionen aufweisen. Grundsätzlich sind diese Produkte eher im Bürobereich anzutreffen, jedoch trifft diese Problematik auch auf viele andere Bereiche wie z.B. CNC-Maschinen in der Produktion, Messgeräte im Labor oder im Einsatz vor Ort zu.

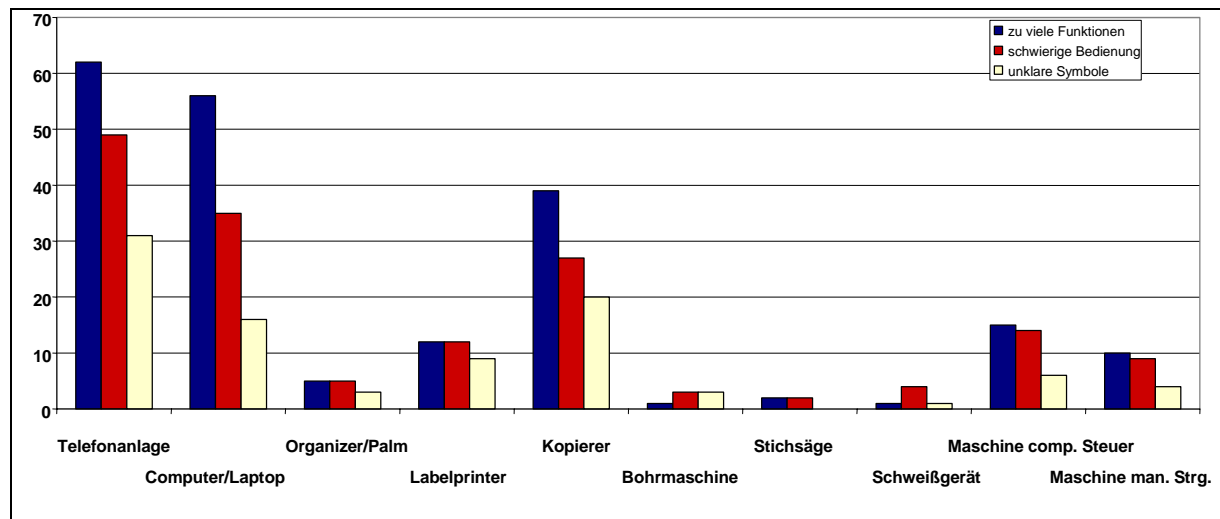


Abbildung 3: Beschreibung der Probleme mit Produkten am Arbeitsplatz

4. Diskussion

Je komplexer ein Produkt, desto häufiger bereitet es Probleme in der Anwendung. Produkte mit komplexen Interfaces, die i.d.R. über ein displaygestütztes Bedienfeld oder über einen Touchscreen bedient werden, werden besonders häufig als problematisch beschrieben. Erstaunlich ist, dass so viele Menschen nach wie vor mit „alten“ Produkten wie Videorekordern Probleme haben. Offensichtlich ist es trotz des langen Zeitraumes, seit dem es diese Produkte gibt noch nicht gelungen, diese Produkte bedienbar zu machen.

Produktgestalter sollten noch mehr darauf achten, dass Produkte von Anwendern mit unterschiedlichen Erfahrungshintergründen und technischem Verständnis bedient werden können. Besondere Bedeutung kommt hier den elektronischen optischen Interfaces zu, auch die Überarbeitung der Normenreihe ISO 9241 trägt dem Rechnung, indem die ersten Neu-Entwürfe genau diesen Bedienelementen gewidmet sind.

5. Literatur

1. Klußmann, A., Gebhardt, H., Topel, M. & Müller-Arnecke H. 2008, Optimierung der ergonomischen Eigenschaften von Produkten für Gestaltung und Design, Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Forschung F 1300. Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin.
2. Vanderheiden, G. 1997, The Principles of Universal Design. NC State University, The Centre for Universal Design, <http://www.design.ncsu.edu/cud/>.
3. DIN Deutsches Institut für Normung 2002, DIN Fachbericht 124: Gestaltung barrierefreier Produkte. Berlin: Beuth.
4. Hölscher U., Laurig, W. & Müller-Arnecke, H. 2007, Prinziplösungen zur ergonomischen Gestaltung von Medizingeräten, Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Forschung F 1902. Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin.

Produktpiraterie – Möglichkeiten ihrer Bekämpfung durch innovative Technologien

Andreas SCHÄFER¹, Karl-Heinz LANG¹, Ralf PIEPER² und Peter WANDERS³

¹ *Institut für Arbeitsmedizin, Sicherheitstechnik und Ergonomie e.V. (ASER) an der Bergischen Universität Wuppertal, Corneliusstraße 31, D-42329 Wuppertal*

² *Fachgebiet Sicherheitstechnik/Sicherheits- und Qualitätsrecht der Bergischen Universität Wuppertal, Gaußstraße 20, D-42119 Wuppertal*

³ *Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Gruppe 2.1, Friedrich-Henkel-Weg 1-25, D-44149 Dortmund*

Kurzfassung: Ergebnisse eines BAuA-Forschungsprojektes zum Phänomen der Produktpiraterie i.V. mit sicherheitstechnisch mangelhaften technischen Arbeitsmitteln oder Verbraucherprodukten zeigen u.a. zwei Defizitbereiche deutlich auf. Einerseits werden bisher nur von wenigen Herstellerunternehmen Schutztechnologien zur Kennzeichnung und Verfolgung ihrer Produkte eingesetzt und andererseits werden bisher sowohl „wissende Verbraucher“ als auch „mündige Verbraucher“ in die Bekämpfung der Produkt- und Markenpiraterie kaum einbezogen. Mit diesen beiden Zielrichtungen zur wirksamen Bekämpfung der Produktpiraterie lassen sich zukünftig erhebliche Verbesserungspotenziale erschließen.

Schlüsselwörter: Gewerbliche Schutzrechte, Verbraucherschutz, Produkt- und Markenschutz, Geräte- und Produktsicherheit.

1. Einleitung

Der Deutsche Industrie- und Handelskammertag (DIHK) schätzt den volkswirtschaftlichen Schaden durch Produkt- und Markenpiraterie für Deutschland jährlich auf 20 bis 30 Milliarden Euro. Hierdurch sind nach Einschätzung des DIHK in Deutschland schon rund 70.000 Arbeitsplätze verloren gegangen. Die Auswertungen der Zentralstelle Gewerblicher Rechtsschutz und die Ergebnisse der staatlichen Marktüberwachung in den letzten Jahren im Geltungsbereich des Geräte- und Produktsicherheitsgesetzes lassen erkennen, dass ein Großteil von Plagiaten und Produktfälschungen sowie von unsicheren Verbraucherprodukten und technischen Arbeitsmitteln in Deutschland aus bestimmten Wirtschaftsgebieten stammt (Abbildung 1). Naheliegend ist, dass Plagiate und Produktfälschungen hinsichtlich einer weiteren "Optimierung" der Gewinnspanne häufig auch die grundlegenden Sicherheits- und Gesundheitsanforderungen für Produkte nicht einhalten. Dadurch werden nicht nur Schutzrechtsinhaber z. B. durch Marktanteil- und Imageverluste oder vermeintliche Produkthaftungsfälle wirtschaftlich geschädigt, sondern damit auch die Existenz ansonsten wettbewerbsfähiger Arbeitsplätze gefährdet. Darüber hinaus wird auch die Sicherheit und die Gesundheit von Verbrauchern/innen im privaten oder gewerblichen Bereich beim Gebrauch von Plagiaten oder Produktfälschungen gefährdet.

Produkt- und Markenpiraterie hat in der öffentlichen Wahrnehmung und der fachlich-wissenschaftlichen Betrachtung in den letzten Jahren zunehmend an Bedeutung gewonnen. Diskutiert wird über volkswirtschaftliche und betriebswirtschaftliche Schäden, über Möglichkeiten einer rechtlichen Gegenwehr bzw. für Präventionsmaßnah-

men, über technische und organisatorische Lösungen, verbesserte Aufklärung und Informationen sowie internationale Verträge und deren Durchsetzung.

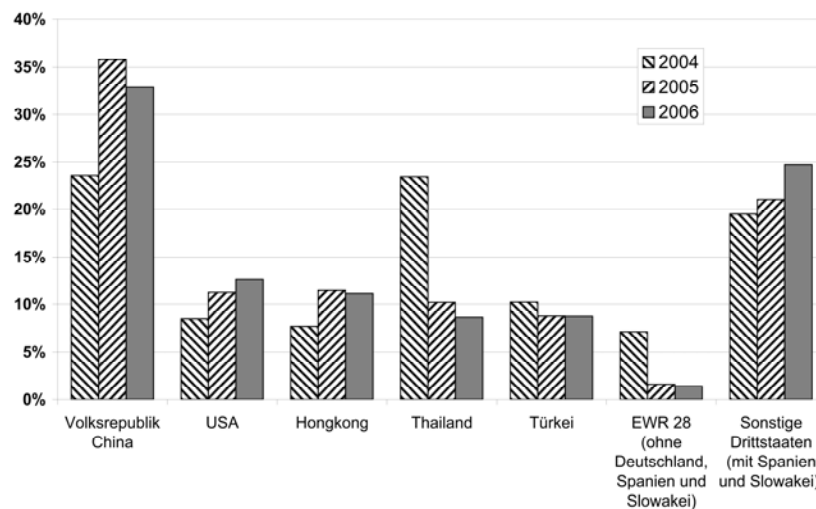


Abbildung 1: Entwicklung der Beschlagnahmefälle in Deutschland von 2004 bis 2006 nach Herkunftsländern.

2. Methode

Es ist also für die allermeisten Marktakteure (Hersteller, gewerbliche oder private Verbraucher, Zoll- und Marktaufsichtsbehörden) im Europäischen Wirtschaftsraum wichtig, solche Plagiate oder Produktfälschungen möglichst frühzeitig entdecken und eindeutig identifizieren zu können. Zum aktiven Produkt- und Markenschutz gibt es verschiedene Schutztechnologien, die i. d. R. im System mit weiteren rechtlichen und organisatorischen Maßnahmen wirksam gegen die Produkt- und Markenpiraterie eingesetzt werden können.

Die Klärung, welche Schutztechnologien geeignet sind, um i. S. eines aktiven Produkt- und Markenschutz und in der Konsequenz für einen effektiven Arbeits- und Verbraucherschutz auf Produktebene wirksam zu werden, bedarf einer näheren Betrachtung und Differenzierung einzelner Schutzziele. Bei der Generierung der Schutzziele ist die Erkenntnis wichtig, dass diese i. d. R. nicht durch eine Schutztechnologie im Alleingang erreicht werden können. Schutzmechanismen werden erst dann voll wirksam, einsatzfähig und wirtschaftlich plausibel, wenn ein komplexes Schutzkonzept unter Berücksichtigung folgender Aspekte entwickelt wird:

- Produktpalette und Produktionsverfahren,
- Kosten-Nutzen-Analysen als ökonomisch orientierte Vergleichsbasis unter besonderer Berücksichtigung der Schutztechnologie sowie einer Abwägung negativer und positiver Auswirkungen auf Unternehmensprozesse,
- Analyse von Lieferketten und diesbezüglichen Plausibilitätskontrollen (Autorisation von Händlern, Kommunikationswege- und -prinzipien),
- produktspezifische Zielmärkte und diesbezüglichen Vertriebspraktiken,
- Möglichkeiten zur Förderung der Kommunikation mit dem Kunden.

Ein wirksamer Produktschutz kann nicht erfolgen, wenn man ein Produkt nicht zweifelsfrei und beweisfähig einem bestimmten Produkthersteller zuordnen kann. In diesem Falle ist die Plausibilität weiterer Verfahren (z. B. Kontrolle von Lieferungen, Sensibilisierung von Endverbrauchern etc.) nicht mehr gegeben. An dieser Stelle

kommen spezielle Technologien zum Einsatz, die eine Authentizität von Produkten gewährleisten und beweisfähig vor Gericht zur wirksamen Abwendung von Schadensersatzklagen durch Endverbraucher eingesetzt werden können. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass sich die mit Hilfe spezieller Technologien realisierten Schutzmechanismen wirtschaftlich sinnvoll einsetzen und einen kurzfristigen Return-on-Investment erwarten lassen. Auf dem Markt sind Technologien verfügbar, die diese Bedingungen erfüllen können und sich, z. B. im Rahmen der Etikettierung im Massenproduktionsverfahren, einsetzen lassen.

Hierzu gehören z. B. Sicherheits-Hologramme, Partikel-Farbcode, Kippfarbenfolien, Funketiketten (RFID), Lackfolien, Sicherheitsfäden, DNA-Code, Kopieerkennungen (Copy Detection Pattern - CDP) und Protexxion (Laser Surface Authentication – LSA). Mit technischen Sicherungsmitteln können Hersteller ihre Produkte dabei offen und / oder verdeckt kennzeichnen.

Zum aktiven Produkt- und Markenschutz gehört der systemische Einsatz von Schutztechnologien mit denen Hersteller ihre Verbraucherprodukte oder technischen Arbeitsmittel offen und / oder verdeckt kennzeichnen und damit z.T. auch die Vertriebskette verfolgen können. Hierzu gab es bisher keinen aktuellen sowie insbesondere keinen vergleichenden Überblick über die verfügbaren Schutztechnologien. Deshalb wurde eine Technologie-Datenbank auf der Basis der Ergebnisse des Forschungsprojekts in Kooperation mit Herstellern von Schutztechnologien entwickelt, welches nun das zentrale Modul der Plattform für Produkt- und Markenschutz sowie Geräte- und Produktsicherheit (www.produktpiraterie.org) bildet.

3. Ergebnisse

3.1 Technologie-Datenbank für den aktiven Produkt- und Markenschutz

Ziel der Entwicklung der Technologie-Datenbank (www.produktpiraterie.org) war die Recherchemöglichkeit durch potentielle Produkthersteller über die unterschiedlichen technischen Sicherungsmitteln und Verifizierungstechniken zur Qualitätssicherung und Qualitätserkennung technischer Arbeitsmittel und Verbraucherprodukte. Insbesondere Vertretern von kleinen und mittleren Herstellerunternehmen wird damit die Möglichkeit eröffnet, den nicht leicht zu überschauenden Markt an technischen Sicherungsmitteln und Verifizierungstechniken in einem ersten Schritt in einer strukturierter Informationsdarbietung einfach sondieren zu können, zu vergleichen und in Bezug auf den betrachteten Anwendungsbereich auszuwählen. Direkte Verweise zu den Angebotsseiten der Hersteller oder Anbieter sowie der jeweiligen Produktbeschreibung erschließen dem Anwender in einem zweiten Schritt weitergehende hersteller- oder anbieterseitige Informationen. Die Hersteller- oder Anbieterangaben mit Nennung von Ansprechpartnern ermöglichen in einem dritten Schritt eine direkte Kontaktaufnahme in Bezug auf die als relevant ausgewählten technischen Sicherungsmittel und Verifizierungstechniken.

3.2 Verbraucherleitfaden: Schutz vor Produkt- und Markenpiraterie

Eine wirksame Bekämpfung der Produkt- und Markenpiraterie muss – neben dem Management gewerblicher Schutzrechte und dem Einsatz innovativer Schutztechnologien – zukünftig auch verstärkt bei der Nachfrage nach Plagiaten und Produktfälschungen ansetzen. Hierfür gewinnt die Einbeziehung der privaten und gewerblichen

Endverbraucher an Bedeutung. Dies kann z. B. hinsichtlich der Sensibilisierung und Information über privatrechtliche Verantwortlichkeitsmachung, über betriebs- und volkswirtschaftliche Auswirkungen auch in Bezug auf die eigene Arbeitsplatzsicherheit oder über die beim Gebrauch von Plagiaten oder Produktfälschungen häufig einhergehenden Sicherheits- und Gesundheitsrisiken angegangen werden.

Mit dem Verbraucherleitfaden (www.produktpiraterie.org) wird der „wissende Verbraucher“, also all diejenigen die bisher schon „wissend“ Plagiate oder Produktfälschungen einkauft haben und / oder dies zukünftig weiterhin tun wollen, für die Unfall- und Gesundheitsgefahren beim Kauf und Gebrauch von Plagiaten oder Produktfälschungen sensibilisiert und der „mündige Verbraucher“ über präventive Handlungsmöglichkeiten informiert.

4. Fazit

Die deutsche G8-Präsidentschaft im Jahr 2007 hat den Dialog über die zentrale Bedeutung von Innovationen in wissensbasierten Gesellschaften und die Verstärkung des Schutzes gegen Produkt- und Markenpiraterie durch Innovationen hervorgehoben.

In diesem Kontext wurden im Auftrag der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin jüngst Schutztechnologien gegen Produkt- und Markenpiraterie untersucht. Die Ergebnisse stehen nun insbesondere Herstellern von Verbraucherprodukten und / oder technischen Arbeitsmitteln in der Technologie-Datenbank zur Verfügung. Parallel dazu wurde ein Verbraucherleitfaden entwickelt, der u. a. Möglichkeiten aufzeigt, wie Produktfälschungen von Verbrauchern erkannt werden können. Darüber hinaus schlägt die entwickelte „Plattform für Produkt- und Markenschutz sowie Geräte- und Produktsicherheit“ (www.produktpiraterie.org) eine Brücke zwischen diesen beiden eng verwandten Themenbereichen.

Mit diesen drei Entwicklungen kann der Dialog zwischen den Herstellern technischer Arbeitsmittel und / oder Verbraucherprodukte sowie den Herstellern und Anbietern technischer Sicherungsmittel und Verifizierungstechniken intensiviert und praxisrelevante Lösungen gefunden werden.

5. Literatur

1. Lang, K.-H. & Schäfer, A. 2007, Produktpiraterie und ihre Bekämpfung durch innovative Technologien, WISO direkt, Dezember 2007, 1-4.
2. Schäfer, A., Lang, K.-H., Kühnert, J., Pieper, R. & Wanders, P. 2007, Verbraucherleitfaden: Schutz vor Produkt- und Markenpiraterie, BAuA/ASER-Broschüre A58. Lüdinghausen: Druck- und Medienhaus Rademann.

Ergebnisse aus Untersuchungen zur Gestaltung von Produkten

Hansjürgen GEBHARDT¹, André KLUSSMANN¹, und
Heiner W. MÜLLER-ARNECKE²

¹ *Institut für Arbeitsmedizin, Sicherheitstechnik und Ergonomie (ASER) e.V.,
Corneliusstr. 31, D-42329 Wuppertal*

² *Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA),
Gruppe 2.5 Ergonomie
Friedrich-Henkel-Weg 1-25, D-44149 Dortmund*

Kurzfassung: Die Tendenz, möglichst viele Funktionen in nur einem Produkt zu integrieren steigt rasant an. Diese Tendenz stellt erhöhte Anforderungen an die Bedienbarkeit des Produktes. Die demografische Entwicklung führt dazu, dass die Bandbreite potentieller Nutzer hinsichtlich Alter, Herkunft aber auch anthropometrischer Daten stetig zunimmt. Damit verbunden sind auch unterschiedliche Erfahrungshintergründe ebenso wie eine Bandbreite unterschiedlichen technischen Verständnisses, die wesentliche Einflussfaktoren für eine leichte Handhabbarkeit von Produkten – hier insbesondere Interfaces – darstellen (Klußmann et al. 2008a). Ziel der hier im Rahmen eines BAuA-Forschungsvorhabens (Klußmann et al. 2008b) durchgeführten Untersuchungen zur Gestaltung von Produkten war es, ein Vorgehen zu entwickeln und zu erproben, um im Rahmen von Nutzertests diese Aspekte zu berücksichtigen. Dies mit Schwerpunkt auf das Lebensalter, das für einige der genannten Variablen eine Mediatorvariable darstellt um so möglichst allgemeingültige Kriterien für die „Produktkomplexität“ auf der Gestaltungsseite und für das selbst einzuschätzende „Nutzerlevel“ auf der Anwenderseite abzuleiten. Insbesondere für Arbeitsmittel sollte die Gestaltung von Produkten auf eine möglichst breite Anwendergruppe ausgerichtet sein, wobei eine weitgehend altersunabhängige Gestaltung anzustreben ist. Merkmale aus den Bereichen „Universal Design“ oder „Design4All“ sind hier mitentscheidend.

Schlüsselwörter: Demografischer Wandel, Produktergonomie, Produktkomplexität, Design für Alle.

1. Einleitung

Die Tendenz, möglichst viele Funktionen in nur einem Gerät zu integrieren steigt rasant an. Ein „Fortschritt“ des digitalen Zeitalters, denn durch die Kombination Display, Bedienelemente und Speicherchip lassen sich auf kleinstem Raum nahezu beliebig viele Funktionen zu. Hauptfunktionen und Nebenfunktionen sind bei manchen Produkten kaum noch zu unterscheiden. Was im Privatleben keine nennenswerten Probleme bereiten muss (es besteht kein Zwang alle Funktionen eines Gerätes beherrschen zu können) kann im Beruf zu z.T. erheblichen Problemen führen. Werden z.B. neue Arbeitsmittel beschafft, besteht für die daran oder damit Beschäftigten zwangsweise auch die Notwendigkeit dieses zu beherrschen. Insbesondere bei kom-

plexen Produkten sind die Anforderungen an die kognitiven Fähigkeiten und das technische Verständnis der Anwender sehr hoch. Die Beachtung der Bedienbarkeit für eine möglichst breite Anwendergruppe ist hier ein mit-entscheidendes Qualitätsmerkmal und sollte bei der Auswahl des richtigen Arbeitsmittels berücksichtigt werden.

2. Methode

Es wurden aus 4 Produktgruppen jeweils 3 Produkte ausgewählt, und diese mit 24 Anwendern hinsichtlich der Bedienbarkeit getestet. Die Tests wurden mit 12 jüngeren Anwendern (Altersgruppe 25 und jünger, 25-) und mit 12 älteren Anwendern (Altersgruppe 50 und älter; 50+) mit unterschiedlichem Erfahrungshintergrund und Interessen durchgeführt. Ausgewählt wurden Kopierer, Labelprinter, Digitalkameras und Mobiltelefone (Handys). Es wurde darauf geachtet, dass die Produkte unterschiedlichen Designkonzepten unterliegen. Zur Charakterisierung der Anwender, die an den Nutzertests teilnahmen wurde ein Fragebogen erarbeitet, der Fragen zu folgenden Merkmalen enthält:

- soziodemografische Daten,
- allgemeines technisches Interesse
- Erfahrungen mit technischen Produkten allgemein
- Interesse für technische Produkte allgemein
- Schwierigkeiten bei der Bedienung allgemein
- Inanspruchnahme von Hilfe allgemein
- Bisherige Erfahrung mit Produkten aus der jeweiligen Produktgruppe

Im Anschluss an jeden durchgeführten Test füllte der Anwender einen standardisierten Fragebogen aus, in dem er die Bedienbarkeit/ Gebrauchstauglichkeit des Produktes aus seiner Sicht beschreibt. Dabei erfolgte eine Beurteilung hinsichtlich

- Lesbarkeit (Tasten, Beschriftung, Display)
- Betätigung der Bedienelemente
- Ausführbarkeit der Hauptfunktionen
- Ausführbarkeit der Nebenfunktionen
- Schilderung des Gesamteindrucks

Die standardisierten Nutzertests wurden durch Prüfleiter begleitet und die Ergebnisse sowohl durch den Prüfleiter als auch durch die Testperson dokumentiert und beurteilt. Grundlage für die Fragebogenentwicklungen bildete u.a. der SUS-Fragebogen (SUS= System Usability Scale) von Brooke (1996). Während der Durchführung der Tests wurden diese per Video digital aufgezeichnet (zur Veranschaulichung der durchgeführten Untersuchungen und dem Problemfeld allgemein wurde eine Videosequenz zusammengestellt, die auf der Institutshomepage unter <http://www.institut-aser.de/964.htm> zum Download bereitsteht).

Das Untersuchungsdesign war so darauf ausgerichtet, möglichst allgemeingültige Kriterien für die „Produktkomplexität“ einerseits und das „Nutzerlevel“ andererseits abzuleiten.

3. Ergebnisse

Entsprechend des Untersuchungsdesigns wurden insgesamt 288 Anwendertests durchgeführt. Ziel eines Vergleiches der Gruppen war es, besonders positive aber auch negative Merkmale an Produkten zu ermitteln.

Bei der Nutzergruppenbildung wurde - in Anlehnung an Jürgens et al. (2002) – aus den Antworten der Anwender auf insgesamt fünf Fragen zum Thema „technisches Interesse“ ein Score gebildet. Dieser Score wurde jeweils für spezifische Produktgruppen um produktgruppenspezifische Kenntnisse ergänzt. Die so entwickelten Nutzerlevel wurden neben den Variablen Alter und Geschlecht für die weiteren Berechnungen herangezogen. Dabei erfolgte eine Einteilung in die drei Gruppen „technisch gering interessiert“, „technisch mittelmäßig interessiert“ und „technisch hoch interessiert“. Die durchgeführte Faktoranalyse ergab dabei insgesamt gute Werte für den Zusammenhang der Fragen. Alle fünf Fragen luden auf der ersten Komponente die 66% der Gesamtvarianz erklärt.

Ähnlich wie für den Anwender wurde auch für die Produktbeurteilung ein Score entwickelt. Die 6 in diesem Score berücksichtigten Dimensionen sind „Lesbarkeit und Bedeutung der Schriften und Symbole auf dem Produkt“, „Lesbarkeit und Bedeutung der Schriften und Symbole auf dem Display“, „Bedienbarkeit der Hardware“ (Tasten und Schalter), „Bedienbarkeit der Software“ (z.B. Menüstruktur), „Lesbarkeit und Verständlichkeit der Bedienungsanleitung“ sowie der „Gesamteindruck“. Die Fragen für die letztgenannte Dimension greifen zum Teil Fragen aus dem SUS Fragebogen von Brooke (1996) auf und wurden um weitere Fragen ergänzt. Faktoranalysen wurden für die einzelnen 6 Dimensionen durchgeführt. Hierbei konnten einige Fragen nicht in die weiteren Berechnungen einbezogen werden. Insgesamt ergeben sich auch hier gute Werte für den Zusammenhang der Fragen. Alle 6 Dimensionen luden auf der erste Komponente, die einen Anteil von 64% der Gesamtvarianz aufklärt.

Abbildung 1 gibt Ergebnisse der durchgeführten Untersuchungen in einer zusammengefassten Form wieder. Die 24 Anwender wurden dabei anhand ihrer Angaben im Anwenderfragebogen für jede Produktgruppe einem Level zugeordnet. In dem hier untersuchten Kollektiv waren z.B. der überwiegende Teil mittelmäßig bis hoch interessiert und erfahren wenn es um die Bedienung der Mobiltelefone ging, jedoch nur mittelmäßig bis gering erfahren und interessiert bei den Labelprintern.

Weiter konnte festgestellt werden, dass für die meisten Probanden es nicht oder nur selten erforderlich war, in die Bedienungsanleitung zu schauen. Für wen es jedoch erforderlich war, sind die Anwender aufgrund einer unverständlichen und schlecht gegliederten Bedienungsanleitung i.d.R. gescheitert. Eine leicht verständliche und gut lesbare Kurzbedienungsanleitung sollte daher von Seiten des Herstellers grundsätzlich beigefügt sein.

Für 20/24 Probanden war die Bedienung eines Touchscreens kein Problem. Für die Testpersonen, die noch nie oder nur sehr selten mit Touchscreens in Berührung gekommen sind, waren die Aufgabenstellungen nur sehr schwer oder nur mit Hilfestellung lösbar. Problematisch ist hier nicht selten die Kombination von wenig brauchbarer Bedienungsanleitung und einer unübersichtlichen Menüführung.

Besonders bei der Bedienung der Labelprinter fielen die Wirkungen unterschiedlich gestalteter Tastaturen (ABC und QWERT-Tastaturen) auf. Nutzer, die es gewöhnt waren mit PC oder Schreibmaschine zu arbeiten, konnten mit der QWERT-Tastatur mühelos umgehen, im Gegensatz zu den Nutzern, die selten oder gar nicht mit solchen Tastaturen in Berührung kommen.

4. Diskussion

Die Projektergebnisse zeigen deutlichen Handlungsbedarf in der Produktgestaltung, der Produktvermittlung und der Produktauswahl durch den Anwender. Der An-

wender ist häufig mit dem Angebot überfordert. Der Einfluss durch die Werbung, für sein Geld möglichst viele Funktionen zu bekommen, hält ihn davon ab, konkreter über den eigentlichen Verwendungszweck des von ihm gewünschten Produktes nachzudenken. Der Aspekt der Bedienbarkeit wird beim Kauf kaum berücksichtigt. Hier sind auch Hersteller gefordert, sich bei Produkten verstärkt auf das Wesentliche zu konzentrieren.

N U T Z E R L E V E L	Technisch hoch interessierte				H 42%	D 38%	P 13%	K 15%	
	Technisch mittelmäßig interessierte				H 42%	D 38%	P 54%	K 30%	
	Technisch gering interessierte				H 18%	D 24%	P 33%	K 25%	
					H 48%	D 54%	P 51%	K 53%	
					H 27%	D 20%	P 25%	K 29%	
					H 25%	D 26%	P 24%	K 18%	
Einfach zu bedienendes Produkt					Mittelmäßig zu bedienendes Produkt				Schwierig zu bedienendes Produkt
BEDIENTBARKEITSLABEL									

Abbildung 1: Charakterisierung der Nutzer und der Produkte an Produktbeispielen aus den Bereichen H-Handy/Mobiltelefon, D-Digitalkamera, P-Printer, K-Kopierer (Klußmann et al. 2008a)

Durch ein Gütesiegel, in dem das, was der Nutzer an Erfahrung und Interesse mitbringt, dem gegenübergestellt wird, was das Produkt dem Nutzer an Wissen abverlangt, um es erfolgreich bedienen zu können, könnte beim Anwender zu mehr Zufriedenheit führen und - was insbesondere für Arbeitsmittel bedeutsam ist - beanspruchungsoptimierend wie leistungsförderlich wirken

5. Literatur

1. Klußmann, A., Gebhardt, H., Topel, M. & Müller-Arnecke, H. 2008a, Ergebnisse einer Verbraucherbefragung zur Bedienbarkeit von Produkten. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg.), Produkt- und Produktionsergonomie – Aufgabe für Entwickler und Planer. Dortmund: GfA Press, 65-68.
2. Klußmann, A., Gebhardt, H., Topel, M. & Müller-Arnecke, H. 2008b, Optimierung der ergonomischen Eigenschaften von Produkten für Gestaltung und Design, Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Forschung F 1300. Dortmund im Druck.
3. Brooke, J. 1996, System Usability Scale (SuS). In: P.W. Jordan, B. Thomas, B.A. Weerdmeester & A.L. McClelland (Eds.) Usability Evaluation in Industry. London: Taylor and Francis.
4. Jürgens, H.W., Babirat, D. & Küchmeister, G. 2002, Zur Handhabbarkeit von Zugangseinrichtungen und Verfahren zur Nutzung digitaler Medienangebote, Schriftenreihe der unabhängigen Landesanstalt für Rundfunk und neue Medien (ULR), Band 19. Kiel: Schmidt & Klaunig.

Konstrukteure und ihre Ergonomiekennntnis

Fatih C. BABALIK

*Fachbereich Maschinenbau, Universität Uludağ,
Gorukle Kampusu, TR-16059 Bursa*

Kurzfassung: Die Konstrukteure verantworten bis zu 70 % der Gesamtkosten für ein Produkt und weit mehr noch für dessen Markterfolg. Ein neuer Entwurf muss stoffliche, technologische, wirtschaftliche, gesetzliche, umwelt- und menschenbezogene Bedingungen berücksichtigen. Ein Ingenieur, der keine fundierten Kenntnisse über Ergonomie besitzt, wird es schwer haben, ein benutzerfreundliches, komfortables Produkt zu konstruieren.

Schlüsselwörter: Ergonomiekennntnis, ergonomische Konstruktion.

1. Einleitung

Die klassische Konstruktionslehre vermittelte den Studenten der Fachrichtung Maschinenbau die physikalischen Grundlagen, die Form, Berechnung und Funktionsweise von Maschinenelementen sowie Beispiele bekannter Konstruktionen. Ob und wie ein Absolvent diese Kenntnisse später bei der Konstruktion von Maschinen anwendet, blieb dabei häufig seinem Geschick und seiner im Laufe des Berufslebens erworbenen Erfahrung überlassen. Die änderte sich allerdings vor etwa 40 Jahren mit der Einführung neuer Lehrmethoden, die darauf abzielten, das Konstruieren lehr- und lernbar zu machen, d.h. durch Anwendung von Systematiken eine Basis für die Lösung einer Konstruktionsaufgabe zu schaffen.

Während im englischen Sprachraum der Begriff „Design“ auch den technischen Teil einer Gestaltung also die Konstruktion beinhaltet, wird in der deutschen Sprache mit „Design“ mehr die künstlerische Seite eines Produktes gemeint. Allerdings erlaubt die Einbeziehung durch den technischen Fortschritt möglich gewordener neuer Technologien etwa bei der Entwicklung einer Werkzeugmaschine ebenfalls eine Veränderungen des Maschinen-Designs, d.h. es lassen sich auch hier zweckorientierte künstlerische Verbesserungen vornehmen.

2. Ergonomische Konstruktion

Allgemein lässt sich Konstruieren als eine mentale, kreative Tätigkeit verstehen. Bei kreativen Tätigkeiten kann die Intuition sehr von Vorteil sein. Es kann aber sehr irreführend und gefährlich werden, wenn Firmen sich nur auf die Intuition ihrer Konstrukteure verlassen. Die intuitive Arbeitsweise hat nämlich folgende Nachteile:

- Der richtige Einfall kommt nicht zur rechten Zeit, denn er kann nicht erzwungen werden.
- Wegen bestehender Konventionen und eigener Vorstellungen werden neue Wege nicht erkannt.
- Aufgrund mangelnder Informationen dringen neue Technologien oder Verfahren nicht in das Bewusstsein der Konstrukteure.

Diese Gefahren werden umso größer, je mehr die Spezialisierung fortschreitet, die

Tätigkeit der Mitarbeiter einer stärkeren Aufgabenteilung unterliegt und der Zeitdruck zunimmt (Pahl & Beitz 1997).

Daher versucht man heute in den Vorlesungen der „Methodischen Konstruktionslehre“ den angehenden Ingenieuren neue Wege zu zeigen, sich von den gewohnten Arbeits- und Denkweisen zu befreien, die zum Teil neue Gedanken behindern oder gar nicht zulassen.

Wenn von einem jungen Hochschulabsolventen ein technisches Design verlangt wird, also eine Konstruktionsaufgabe von ihm zu lösen ist, so muss er stoffliche, technologische, wirtschaftliche, gesetzliche, umwelt- und menschenbezogene Bedingungen berücksichtigen. Menschenbezogen bedeutet hier die Beachtung ergonomischer Aspekte. Soweit eine technische Lösung überhaupt möglich ist, sucht der Ingenieur möglichst viele Lösungen und wählt unter diesen Lösungen die den für diese Aufgabe geltenden Kriterien am besten entsprechende Lösung aus.

Bis das ausgewählte Lösungskonzept zur Herstellung freigegeben wird, müssen schrittweise häufig noch mehrere Verbesserungen vorgenommen werden, wie etwa eine Erhöhung des Wirkungsgrads, Verminderung der Produktionskosten, die Berücksichtigung gesetzlicher Bestimmungen etc.. Das ist ein Reifeprozess der Konstruktion. Ähnliche Schritte werden sogar u.U. auch nach der Markteinführung vorgenommen.

Konstruktionsfehler können erhebliche Folgen haben (Niemann et al. 2001), wobei gilt: je später eine Korrektur vorzunehmen ist, um so schwieriger, teurer und zeitraubender ist sie. So steigen die Änderungskosten in der Folge: Planung, Konzept, Entwurf, Ausarbeitung, Arbeitsvorbereitung, Fertigung, Montage, Vertrieb.

Unabhängig davon was für eine Maschine konstruiert und hergestellt wird, ist die Kundenzufriedenheit der Schlüssel zum Erfolg. So erwartet der Kunde bei jedem Produkt ein gewisses Ausmaß an Komfort. Das trifft besonders auf Maschinen und Geräte zu, die im privaten Haushalt, Büro und Privatleben eingesetzt werden. Benutzerfreundlichkeit und der mit ihr in direkter Verbindung stehende Komfort ist eng mit der Ergonomie verbunden.

Ein Ingenieur, der über keine fundierten Ergonomiekennntnisse verfügt, wird immer Schwierigkeiten haben, von Beginn seiner Arbeit an Komfortkonzepte und Benutzerfreundlichkeit in seinen Gedankenprozess zu integrieren, so dass seine Konzepte vermutlich später verändert werden müssen, was zeitliche und finanzielle Verluste bedeutet.

Verschiedenste technische Erzeugnisse – vom Bürostuhl bis zur Werkzeugmaschine - werden als ergonomische Produkte angeboten, wobei der Begriff Ergonomie zum Teil nur als Schlagwort benutzt wird.

3. Ergonomielehre in Maschinenbauabteilungen

Ein Blick in die Studienverlaufspläne des Fachs Maschinenbau zeigt, dass die Ergonomievorlesungen selbst in der Fachrichtung Konstruktion immer häufiger nur noch als Wahlvorlesung oder gar nicht mehr angeboten werden. Im Rahmen des „Bologna Prozesses“ werden die Stundenzahlen zudem auch immer kürzer. So enthält die Vorlesung „Methodische Konstruktionslehre“ an der Universität Uludağ nicht einmal eine Doppelstunde zur Vermittlung ergonomischer Inhalte.

In den Konstruktionslehrbüchern findet man relativ wenig über Ergonomie. Das Standardlehrbuch „Konstruktionslehre“ von Pahl & Beitz (1997) hat immerhin unter dem Stichwort „Ergonomiegerecht“ sieben Seiten, die die Wichtigkeit der Ergonomie

bei Konstruktionsprozessen betonen.

Leider erwerben immer weniger Maschinenbaustudenten während ihres Studiums Ergonomiekennntnisse. Sehr viele Absolventen müssen erst im Berufsleben und oft aus eigenen Fehlern lernen, wie wichtig die Ergonomie für die Konstruktion ist. Besonders bei kleinen Firmen in denen junge Ingenieure für Vieles Verantwortung tragen und zum Teil keinen erfahrenen Kollegen um sich haben, können die Fehler große negative Folgen haben. Natürlich kann man auch nach dem Studium einiges lernen und sich fehlendes Wissen noch aneignen. Es gibt gute Hilfswerke, wie z.B. die vom BGIA veröffentlichte „Checkliste - Ergonomische Maschinengestaltung“ (BGIA 2005).

Jungen Ingenieure, die während ihres Studiums keine Vorlesung über die Arbeitswissenschaft gehört haben, glauben arbeitswissenschaftliche Anforderungen bei der Konstruktion auf Basis des gesunden Menschenverstands ohne weiteres erfüllen zu können.

Ein vom Autor zwei Jahre hintereinander durchgeführter einfacher Test hat aber gezeigt, dass die Maschinenbaustudenten, die keine Ergonomie - Vorlesung gehört haben, auf Fragen wie, was versteht man unter der Dauerleistungsgrenze, was ist bei der Gestaltung von Mensch-Maschine Schnittstellen zu beachten, nicht einmal näherungsweise richtige Antworten geben können.

Die Kenntnisse über die Umweltergonomie sind ebenfalls mangelhaft. Eine Umfrage konnte zeigen, dass 32 % der deutschen Ingenieure sehr geringe Kenntnisse in den Bereichen Akustik und Lärm haben. 42 % gaben an, nur über Basiswissen bzw. einfache Kenntnisse zu verfügen, wobei 24 % angeben, gute Kenntnisse zu besitzen (Haje 1997).

Besonders bei der Gestaltung von Mensch-Maschine-Schnittstellen unterlaufen den mit der Ergonomie nicht vertrauten Ingenieuren Fehler, die den Gebrauchwert des technischen Erzeugnisses negativ beeinflussen.

Bevor ein Entwurf für die Produktion freigegeben wird, muss er nicht nur die üblichen maschinentechnischen Kriterien erfüllen, sondern auch aus der Sicht der Ergonomie genau geprüft werden. Wenn eine nicht erträgliche physische und/oder mentale Belastung auftritt, in den Mensch-Maschine-Schnittstellen Inkompatibilitäten vorhanden sind, so muss man nach anderen, besseren Lösungen suchen. In Zeiten des harten internationalen Konkurrenzkampfes, ist ein solcher aus Unwissenheit entstehender Zeitverlust kaum tragbar.

4. Schlussfolgerung

Der Konstrukteur muss – unabhängig davon, ob eine Neu-, Anpassungs- oder Variantenkonstruktion von ihm verlangt wird, die Umweltergonomie berücksichtigen und insbesondere die Auslegung der Mensch-Maschine-Schnittstelle beachten.

Ein Produkt wird sich nur dann am Markt durchsetzen und behaupten können, wenn seine Gestaltung auch ergonomische Grundsätze und Prinzipien berücksichtigt. Daher sollte Studenten der Fachrichtung Konstruktion von Beginn an die Bedeutung der Ergonomie vermittelt werden.

5. Literatur

1. BGIA 2005, Checkliste für ergonomische Maschinenkonstruktionen. St. Augustin: Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften.

2. Haje, D. 1997, Lärmarm Konstruieren XVII. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag.
3. Niemann, G., Winter, H. & Höhn, G. 2001, Maschinenelemente, 3. Auflage. Berlin: Springer.
4. Pahl, G. & Beitz, W. 1997, Konstruktionslehre, 4. Auflage. Berlin: Springer.

Produktergonomie in der Medizintechnik – normativer Ergonomieprozess in der Praxis

Thomas SEITZ

VDE Institut, Merianstraße 28, D-63069 Offenbach

Kurzfassung: Die ergonomische Gestaltung von Medizingeräten spielt heute eine immer größere Rolle für den Markterfolg eines Produkts. Dabei spannen Sicherheitsanforderungen, die durch Normen definiert werden, einen generellen Rahmen auf, in dem sich Design und Konstruktion bewegen kann. Die Kunst des Entwicklungsingenieurs ist dabei detaillierte und spezifische Anforderungen durch effiziente und globale Konzepte zu erfüllen. Für den Rahmen, in dem sich Produktergonomie in der Medizintechnik abspielt, ist nunmehr seit 19 Monaten für Entwickler und Ingenieure die DIN EN 60601-1-6, die Usability-Norm für Medizingeräte, verbindliches Werkzeug. Die bisherigen Ergebnisse in der Anwendung zeigen, dass die Integration des Ergonomieprozess von allen Herstellern erfolgreich durchgeführt wird. Allerdings zeigen sich große Unterschiede in der anfänglichen Umsetzung gegenüber der heutigen Umsetzung, was zeigt, dass Hersteller hier einen „ergonomischen“ Lernprozess durchlaufen haben.

Schlüsselwörter: Medizintechnik, Menschliche Zuverlässigkeit, Usability, Risiko- und Qualitätsmanagement.

1. Einleitung

Ergonomie und Usability spielen heute mehr denn je eine wichtige Rolle sowohl als Verkaufs- als auch als Sicherheitsargument. Hersteller von Medizinprodukten müssen seit Sommer 2006 im Rahmen der Anforderungen durch CE-Zeichen und Medizinprodukterichtlinie im europäischen Wirtschaftsraum die Ergonomie als Prozess in ihre Produktentwicklung gemäß DIN EN 60601-1-6 bzw. DIN EN 62366 integrieren (siehe Abb. 1). Der Ergonomieprozess ist dabei ein Prozess, der Aspekte des Qualitäts- und Risikomanagement aufgreift und integriert (Seitz 2007). Ziel des Prozess ist es, den Hersteller durch die zwingende Einführung von entsprechenden Entwicklungsmaßnahmen für das Thema Ergonomie und auch Usability zu sensibilisieren.

In der Vergangenheit haben viele Vorkommnisse im Umgang mit Medizinprodukten dazu geführt, das Thema Ergonomie auch im Sinne einer Sicherheitsanforderung in die Produktzertifizierung zu integrieren. In Deutschland am bekanntesten und vom BfArM am besten untersucht sind Unfälle im Zusammenhang mit der Benutzung von Infusionspumpen. Benutzungsprobleme zeigen sich hierbei im Einlegen und Verriegeln von Spritzen und bei der Eingabe von Infusionsdosis in ml pro Zeiteinheit. In allen Fällen ist mangelndes Gerätefeedback die Ursache für Benutzeraktionen, die zur Fehlbenutzung und in der Folge zu mindestens zwei Todesfällen führten. Weitere typische Probleme finden sich in der Anordnung von Tasten insbesondere dem „Zehnerblock“. Es wurde beobachtet, dass Hersteller bei unterschiedlichen Geräten zur Eingabe unterschiedliche Tastenanordnung benutzen. Werden mehrerer solcher Geräte parallel und ortsnahe benutzt, so ist bei der Eingabe wichtiger Parameter eine

Fehlbenutzung vernünftigerweise vorhersehbar und kaum verwunderlich. Ein weiterer sehr häufig zu beobachtender Designfehler (der auch dem Laien oft im Umgang mit Consumer-Produkten bekannt sein dürfte) sind kryptische und unlogische Fehlermeldungen. So ist ein Defibrillator bekannt, der, um einen Wechsel der internen System-Batterie anzuzeigen, die Meldung „Uhr einstellen!“ anzeigt.

Dies sind nur ein paar beim Bundesinstitut für Arzneimittel und Medizinprodukte dokumentierte Usabilitymängel (Rölleke 2008), die zu Unfällen z.T. mit Todesfolge führten. Aus diesen Unfällen heraus scheint die Einführung einer Sicherheitsanforderung zur Ergonomie einleuchtend und nachvollziehbar. Es stellt sich die Frage, wie die DIN EN 60601-1-6, die den Ergonomieprozess definiert, heute umgesetzt wird und welche Auswirkungen auf die Produktsicherheit bzw. die menschliche Zuverlässigkeit festzustellen sind.

2. Methode

Die Umsetzung des Ergonomieprozess stellt Hersteller vor die Aufgaben Nachweise zu erbringen, welche die Produktentwicklung hinsichtlich Produktspezifikation, Produktrisiken und Produktverifizierung und -validierung dokumentiert. Hierzu wird vom Hersteller die sog. Ergonomieakte angelegt und zur Zertifizierung vorgelegt (vgl. Abbildung 1).

Das VDE-Dokumentenmanagementsystem erlaubt eine Analyse hinsichtlich Projektlaufzeiten, Umfang von Änderungen und Nachbesserungen, Quantität von Dokumentation sowie Spezifikationen zum Hersteller, des Geräts und der Anwender. Des Weiteren wurden die Inhalte der Dokumente als Informationen herangezogen. Um eine Einschätzung über den Status quo der Umsetzung des Ergonomieprozess in der Medizintechnikindustrie zu gewinnen, wurden die genannten Kenngrößen qualitativ analysiert und bezüglich erkennbarer Trends interpretiert.

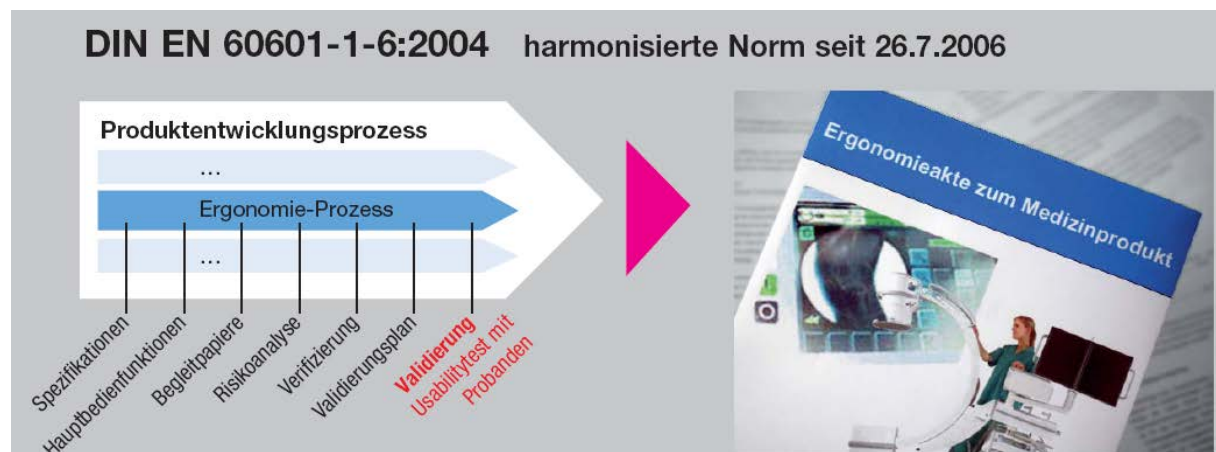


Abbildung 1: Seit 2006 müssen Medizinproduktehersteller den Ergonomieprozess in ihre Produktentwicklungsprozesse integrieren und in Form einer „Ergonomie-Akte“ dokumentieren

3. Ergebnisse

Grundsätzlich kann man sagen, dass die Industrie die neuen Anforderungen zum Ergonomieprozess angenommen hat und umsetzt. Die Hersteller haben den Ergonomieprozess weitestgehend in die Produktentwicklungsprozess integriert. Allerdings

zeigen die Daten aus dem VDE-Dokumentenmanagementsystem, dass im ersten Halbjahr 2007 im Mittel fast doppelt so viele „Nachbesserungen“ zur erfolgreichen Zertifizierung nötig waren als im zweiten Halbjahr (Abb. 2). Dies zeigt, dass Hersteller offensichtlich das nötige Wissen und die nötige Kompetenz sowie Erfahrungen aufbauen, um die Prozesse erfüllen zu können.

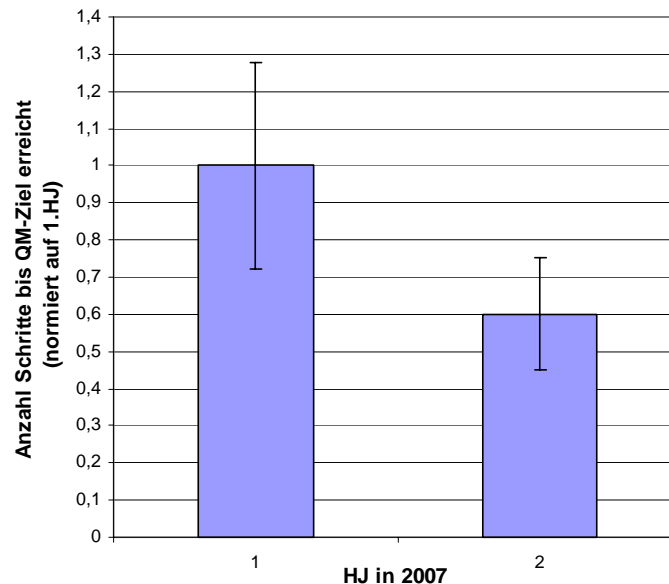


Abbildung 2: Implementierung des Ergonomieprozesses: Der Vergleich der Anzahl an Korrekturschritten bis zum Erreichen der Anforderungen der Norm zwischen Projekten aus dem ersten und zweiten Halbjahr (HJ) 2007 zeigt eine Abnahme. Dies kann auf den bei den Herstellern einsetzenden Lernprozess hinsichtlich der Berücksichtigung der Ergonomie zurückzuführen sein

Interessant ist auch, dass bei Produkten die von Patienten genutzt werden (z.B. Produkte im Homecare-Bereich), ein höherer Aufwand für Ergonomie betrieben wird, als bei Geräten, die ausschließlich von technischem oder medizinischem Personal benutzt werden (z.B. Röntgengeräte, Überwachungsmonitore). Im Mittel liegt der Umfang der Ergonomieakte um rund 25% über dem der Produkte mit Anwendern aus dem technisch-medizinischen Bereich. Hier zeigt sich, dass offensichtlich vor allem Erwartungen und Ansprüche der Patienten zu Sorgfalt in der Entwicklung von Geräten führen, oder wie es mal ein bekannter Chirurg formulierte: „Ärzte sind sehr leidensfähig und kritisieren deshalb selten unergonomische Geräte oder Arbeitshaltungen“. Ein Medizinprodukt, das vom Patienten benutzt wird, unterliegt selbstverständlich auch einer ganz anderen Wahrnehmung und anderen Bewertungskriterien, als ein Gerät, das ein Chirurg als Arbeitsmittel betrachtet. Ferner ist natürlich die Gefahr, dass Patienten, die durch Benutzungsfehler und unergonomische Handhabung verletzt werden, die öffentliche Aufmerksamkeit auf sich ziehen, sehr groß, weshalb auch hierzu ein umfangreicherer und gründlicherer Ergonomieprozess vom Hersteller von vornherein akzeptiert und durchgeführt wird.

Die Erfahrung der letzten Monate zeigt, dass der Umgang mit dem Thema Ergonomie und Usability oft etwas ungewohnt ist. Insbesondere Probandentests im Usabilitylabor stellen Hersteller vor z.T. neue, ungewohnte Herausforderungen. Zwar sind in vielen Häusern die sog. Fokusgruppentests gang und gebe, doch erfüllen diese zumeist kaum die Anforderungen an unabhängige und valide Usabilitytest, die typische Benutzungsszenarien und Worst-Case-Fälle simulieren und belastbare Aus-

sagen zur Benutzungssicherheit erlaubt. Hier besteht der Hauptbedarf für den Lernprozess.

4. Ausblick

Die DIN EN 60601-1-6 hat dazu beigetragen, dass Ergonomie bei allen Medizinprodukten ein zwingendes Thema ist. Der Ergonomieprozess greift in die Produktentwicklung ein und fordert Betrachtungen zur Produktspezifikation, Produktrisiken und Produktverifizierung und -validierung bezüglich Ergonomie und Usability. Aus Sicht des VDE kann festgestellt werden, dass alle Hersteller den Ergonomieprozess in ihre Produktentwicklung integrieren und erfolgreich durchführen. Anhand der bisherigen Erfahrungen können wir auch sagen, dass der Lernprozess erfolgreich abläuft.

Gerade der Lernprozess ist das wichtigste Ziel des Ergonomieprozesses. Der Ergonomieprozess führt auf absehbare Zeit dazu, dass Hersteller Spezialisten zum Thema Ergonomie und Usability haben werden, die langfristig heutige Probleme beheben. Denn heute stellt sich oft die Frage, mit welchen Designmaßnahmen erreicht man welche Qualität an Benutzungssicherheit. Was fehlt ist oft ergonomisches Fachwissen vor Ort beim Hersteller und konkrete Designguides und Designtools die Prognosen und Simulationen erlauben, um geeignete Designmaßnahmen zu finden und umzusetzen.

5. Literatur

1. DIN EN IEC 60601-1-6:2008 (VDE 0750-1-6), Medizinisch-elektrische Geräte – Teil 1-6: Allgemeine Festlegungen für die Sicherheit – Ergänzungsnorm: Gebrauchstauglichkeit, Deutsche Fassung EN 60601-1-6:2007. Berlin: Beuth.
2. Seitz, T. 2007, Ergonomie in der Medizintechnik, mt-medizintechnik, 04/07, 133-135.
3. Rölleke, M. 2008, Bundesinstitut für Arzneimittel und Medizinprodukte, persönliche Mitteilungen.

Ist das Design eines Automobils nur mit Material, Form und Farbe erfassbar?

Iwona JASTRZEBSKA-FRACZEK

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

Kurzfassung: Wenn das Design ein Phänomen ist, wodurch unterschiedliche Menschen die gleichen Produkte mit verschiedenen Emotionen wahrnehmen, dann lohnt es sich herauszufinden, durch welche Designkriterien außer Material, Form und Farbe das Objekt Automobil erfasst wird. Die Sammlung der Designkriterien und die Feststellung ihrer Wichtigkeit kann in der Zukunft eine Grundlage für die subjektive oder emotionale Vergleichsbewertung des Designs bilden.

Schlüsselwörter: Produkt-Ergonomie, Emotionaler Gesamteindruck.

1. Problemstellung

Der Begriff Design wird in diesem Beitrag nicht als Prozess oder als Gestaltungsaufgabe beschrieben. Design ist ein Begriff, der in verschiedenen Literaturquellen unterschiedlich definiert wird, aber auch umgangssprachlich oft benutzt wird um die persönliche Einstellung in Richtung Ästhetik, Vorliebe, oder „Gefallen“ festzulegen. Im Englischen und Französischen bedeutet Design „Gestaltung“ oder „Entwurf“, während das italienische disegno „Zeichnung“ bedeutet und zusätzlich die „Formgebung“ betont, ähnlich dem spanischen diseño (Bubb 2007).

2. Sammlung der Begriffe, erste Phase

Kann das Design eines Automobils mit dazu passenden Kriterien bewertet werden? Welche Kriterien wären dazu maßgeblich? Ziel der Untersuchung war es, herauszufinden, wie junge und ältere Menschen das spezifische Design von Automobilen wahrnehmen, wenn sie unterschiedliche Pkws betrachten. Dabei haben wir uns die folgenden Fragen gestellt:

- Welche Faktoren (Kriterien) spielen bei unterschiedlichem Design eine Rolle?
- Wodurch stellen wir auf dem ersten Blick fest: „diese Automobile sind vom Design her unterschiedlich“?
- Kann die Qualität eines speziellen Designs gemessen werden?
- Ist das Design eines Automobils in klassischer Weise mit nur drei physikalischen Größen (Material, Form und Farbe) erfassbar?

Die Versuchspersonen hatten die Aufgabe, sechs Designkriterien zu benennen, die als maßgebend für eine subjektive Betrachtung des Designs eines Automobils gelten können. Die Gruppe „50+“ bestand aus 9 Personen mit einem Altersdurchschnitt von 57 Jahren. Die Gruppe „20+“ umfasste 40 Personen mit einem Altersdurchschnitt von 23 Jahren.

3. Ergebnisse, erste Phase

Die Ergebnisse der ersten Phase der Untersuchung haben gezeigt, dass die Art und Weise wie ein Betrachter ein Automobil sieht vom Alter abhängig ist (s. Abb. 1).



Abbildung 1: Die Designkriterien für junge und ältere Betrachter

Die Schnittmenge (s. Abb.1) für junge und ältere Betrachter lag bei 27 von 128 Designkriterien, die als maßgeblich für das Design eines Automobils angegeben wurden. Nach der Zusammenfassung der Kriterien in 13 Gruppen war es möglich, eindeutig festzustellen, dass die Form eines Automobils unabhängig vom Alter des Betrachters sehr augenfällig zu sein scheint. Das Kriterium „Form“ war am häufigsten in verschiedenen Formulierungsarten genannt (s. Abb. 2).

Reihenfolge Designkriteriengruppen

(Gruppe "20+") (Gruppe "50+")

Form	Form
Größe	Eleganz
Funktionalität	Funktionalität
Farbgebung	Emotion
Emotion	Originalität
Innovativität	Innovativität
Sportlichkeit	Tradition/Zweck
Eleganz	Größe
Tradition/Zweck	Sportlichkeit
Originalität	Farbgebung
Verarbeitung	Verarbeitung
Sicherheit	Ökologisch
Ökologisch	Sicherheit

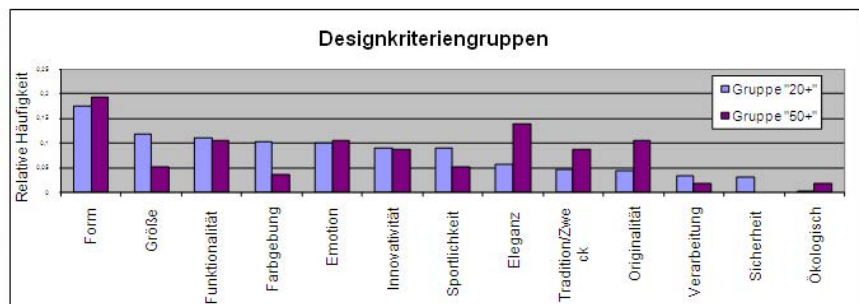


Abbildung 2: Reihenfolge der Kriterien - Gruppen für die älteren und jüngeren Betrachter

Die Funktionalität steht bei beiden Altersgruppen an dritter Stelle. Der Rangplatz der Farbgebung ist vom Alter abhängig und spielt bei den jüngeren eine bedeutsamere Rolle im Vergleich zu den älteren Teilnehmern. Auffallend war, dass die Versuchspersonen der Gruppe „50+“ im Vergleich zur Gruppe „20+“ das Kriterium Sicherheit und Stabilität mit dem Design nicht assoziierten. Das Designkriterium „Material“ wurde von keinem Probanden der Gruppe „50+“ und nur zweimal von der Gruppe „20+“ genannt (edle Materialien, Materialgestaltung).

4. Designbegriffe, ihre Wichtigkeit, Trennungsschärfe der Gruppen

Ziel der Untersuchung in der zweiten Phase war es, die Wichtigkeit der gesammelten Kriterien genauer zu betrachten und die Trennungsschärfe der Kriterien- Gruppen zu überprüfen.

4.1 Experimentelles Design

Die Untersuchung wurde mit dem dazu speziell entwickelten Programm „DESIGN“ durchgeführt. Es nahmen 40 Personen an der Untersuchung teil. Das mittlere Alter betrug rund 23 Jahre. An die Versuchspersonen wurden folgenden Aufgaben gestellt:

- Auswahl maßgeblicher Designkriterien (min. 6, max. 20 aus 128) und ihre Wichtigkeitsbewertung. Die VP wurden gebeten, die Wichtigkeit/den Stellenwert eines jeden einzelnen Designkriteriums relativ zum Gesamteindruck des Designs mittels einer CP50 Skala festzulegen. Die CP50 Skala gilt als zuverlässige Skala und wurde für die Bewertung des Diskomforts oft benutzt (siehe Wengi 1997; Zacher & Bubb 2004; Schaefer & Zacher 2007). CP50-Skala wurde für die Wichtigkeit/den Stellenwert des Designkriteriums wie folgt festgelegt: kein Stellenwert (0); sehr geringer Stellenwert (1-10); geringer Stellenwert (11-20); mittlerer Stellenwert (21-30); hoher Stellenwert (31-40); sehr hoher Stellenwert (41-50). Die Versuchspersonen wurden aufgefordert, zuerst eine Kategorie der CP50 Skala grob auszuwählen (z.B. das Kriterium hat einen mittleren oder hohen Stellenwert für den Gesamteindruck des Designs) dann eine Feinjustierung des Urteils nach Maßgabe der hinterlegten Skala vorzunehmen.
- Auswahl maßgeblicher und Aussortieren unmaßgeblicher Designkriterien (ohne Begrenzung der Anzahl).
- Zuordnung von Designkriterien zu vorgegebenen Gruppen: Form, Eleganz, Funktionalität, Emotion, Originalität, Innovativität, Tradition/Zweck, Größe, Sportlichkeit, Farbgebung, Verarbeitung, Ökologisch, Sicherheit und Sonstiges. Die Zuordnung eines Designkriteriums zu verschiedenen Gruppierungen war möglich.

4.2 Ergebnisse

Die Ergebnisse der zweiten Untersuchungsphase sind in Abb. 3 dargestellt.

Der Verlauf der schwarzen Linie über dem Balkendiagramm (s. Abb. 3) kennzeichnet die resultierende Maßgeblichkeit der einzelnen Designkriterien. Diese Werte bezeichnen die Differenz der Nennungen für jedes Kriterium (Anzahl der Nennungen als maßgeblich - Anzahl der Nennungen als unmaßgeblich). Die Kriterien, deren Punkte auf der Nulllinie liegen, werden als „neutral“ bezeichnet. Nicht alle als wichtig

bezeichneten Kriterien wurden gleich als maßgeblich zugeordnet. Außerhalb des Balkendiagramms befinden sich sowohl maßgebliche als auch die unmaßgeblichen Kriterien. Die Reduzierung der Liste von 128 Designkriterien auf die ersten 20 Kriterien nach Maßgabe

- direkt gemessener Stellenwerte,
 - grob gemittelter Stellenwerte (die Annahme, dass der Stellenwert=5 für die Kriterien gilt, die als unmaßgeblich bewertet wurden, und dass der Stellenwert=15 für die Kriterien gilt, die als „neutral“ bewertet wurden) und
 - der resultierenden Maßgeblichkeit
- ergibt eine Schnittmenge von 5 Designkriterien: Gesamterscheinungsbild, Alltags-tauglichkeit, Innovationsgrad (Innovativität), Formgebung und Funktionalität.

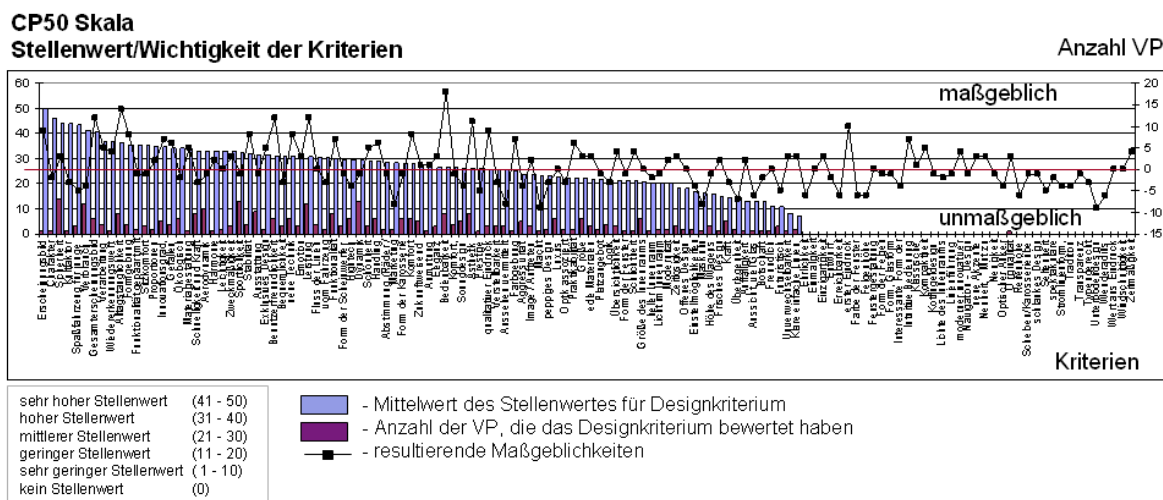


Abbildung 3: Grafische Darstellung von Maßgeblichkeit und Wichtigkeit der Kriterien

Die Trennungsschärfe der 14 vordefinierten Gruppen, die durch bedingte Wahrscheinlichkeiten festgestellt wurde, konnte nur bei 8 Gruppierungen bestätigt werden. Eine Besonderheit stellt hier die Gruppe „Emotion“ dar, welche die meisten Kriterien beinhaltet, die mehr als 5 Stimmen erhalten haben. Die Gruppe trennt die Kriterien aber nicht scharf. Die Designkriterien, die der Gruppe „Emotion“ zugeordnet wurden, befinden sich auch in den anderen Gruppen - meistens jedoch in der Gruppe „Eleganz“ und „Sportlichkeit“. Das Kriterium mit dem gleichen Namen ist gleichzeitig den 11 Gruppen zugeordnet: Emotion(25), Farbgebung(6), Sportlichkeit(6), Eleganz(5), Originalität(3), Ökologisch(3), Größe(2), Innovativität(2), Funktionalität(1), Tradition(1) und Sicherheit(1). Dies könnte ein Beweis dafür sein, dass Design ein Phänomen der Emotion ist, was hier durch die Untersuchungen eindeutig bewiesen ist.

5. Ausblick

Eine subjektive Bewertung, die schon im EKIDES (Jastrzebska-Fraczek et al. 2006) für Personenkraftwagen entwickelt worden ist, basiert zur Zeit auf 6 Kriterien: Äußeres Erscheinungsbild, Sitzkomfort, Innenraumkomfort, Bedienbarkeit, Infotainment und Sicherheit. Generell zeichnen sich damit aber schon neuen Methoden zur Erfassung des Designniveaus ab, die auf mehr als den drei Kriterien Material, Form und Farbe basieren.

6. Literatur

1. Bubb, H. 2007, Ergonomie und Design. In: H.-H. Braess & U. Seiffert (Hrsg.), *Automobildesign und Technik Formgebung, Funktionalität*. Wiesbaden: Vieweg Verlag, 240-262.
2. Jastrzebska-Fraczek, I., Schmidtke, H., Bubb, H. & Karwowski, W. 2006, Ergonomics Knowledge and Intelligent Design System (EKIDES) - Software Tool for Design, Assessment and Ergonomics Teaching. In: W. Karwowski (Edt.), *International Encyclopedia of Ergonomics and Human Factors*, second Edition. London: Taylor & Francis, 1613-1625.
3. Schaefer, P. & Zacher, I. 2007, Auf hedonistischen Pfaden – unterwegs zu autonomen Menschmodellen. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg.), *Kompetenzentwicklung in realen und virtuellen Arbeitssystemen*. Dortmund: GfA Press, 573 – 576.
4. Wengi, S. & Parsons, K.C. 1997, Validity and reliability of rating scales for seat pressure discomfort, *International Journal of Industrial Ergonomics*, 20, 441-461.
5. Zacher, I. & Bubb, H. 2004, Strength based discomfort model of posture and movement, *SAE Digital Human Modeling for Design and Engineering Symposium*, June 15-17, Rochester, Michigan, USA.

Kultureller Einfluss auf Piktogramm- und Iconerkennung

Kerstin RÖSE und Mei MIAO

*Juniorprofessur Nutzergerechte Produktentwicklung (use),
Zentrum für Mensch-Maschine-Interaktion, TU Kaiserslautern,
Gottlieb-Daimler-Straße 42, D-67663 Kaiserslautern*

Kurzfassung: In diesem Beitrag wird eine kurze Studie zur Piktogrammerkennung, vorgestellt. Ziel war es zu testen, wie verständlich die ausgewählten, in Deutschland entworfenen Symbole, für chinesische Menschen sind. Die Studie zeigt anhand von Beispielen, welche Probleme hierbei auftreten können.

Schlüsselwörter: Iconerkennung, Piktogramm, kultureller Einfluss.

1. Einleitung

Es ist im Bereich von Mensch-Maschine-Systemen bereits länger bekannt, dass die kulturellen Ausprägungen Einflüsse auf die Gestaltung von Nutzeroberflächen haben. Das betrifft beispielsweise die Farbbedeutungszuordnung und die Iconerkennbarkeit. Außer in Mensch-Maschine-Systemen spielt die piktografische Darstellung bei der Informationspräsentation im Alltag eine große Rolle.

Ein Piktogramm ist ein Symbol, das eine Information durch vereinfachte grafische Darstellung vermittelt. Schaut man sich aufmerksam im Alltag um, merkt man, dass überall Piktogramme existieren. Beispielsweise sieht man auf der Straße öfters das Bild für „Fußgänger“ (Abb. 1) und es gibt in jedem öffentlichen Gebäude das Schild „Fluchtweg“ (Abb. 1). Ein Icon ist eigentlich eine Variante eines Piktogramms. Der Begriff Icon (in Deutsch: Symbol) stammt aus dem Computerbereich und bedeutet im engen Sinn Bildschirmsymbol. Klickt man auf die Bildschirmsymbole, so löst dies bestimmte Funktionen aus. Einfache Beispiele dafür sind die in Abbildung 1 dargestellten Symbole für „Speichern“ und „Drucken“ in Microsoft Word.

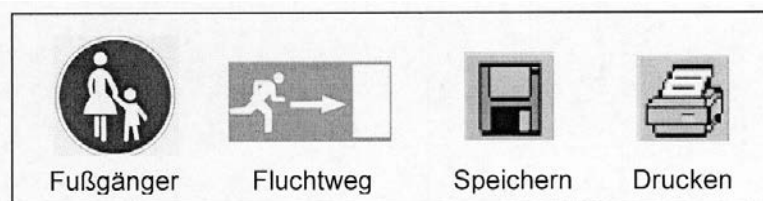


Abbildung 1: Häufig verwendete Piktogramme und Icons

Im Bereich von Mensch-Maschine-Systemen spielt die Verwendung von Icons im Zusammenhang mit der Informationspräsentation und -verarbeitung eine große Rolle (Röse 2002). In Zeiten der Globalisierung stehen somit Entwickler von interkulturellen Produkten vor große Herausforderungen. Die Wahrnehmung eines Menschen ist durch seinen kulturellen Kontext beeinflusst (Röse 2002). Entwirft man eine piktografische Darstellung für ein globalisiertes oder lokalisiertes Produkt, ist es sinnvoll sich zu fragen, verstehen die Menschen aus der Zielkultur das, was ich entwerfe? Wie kriege ich das raus? Paper Prototyping (Snyder 2003), eine Usability-Evaluationsmethode (Sarodnick & Brau 2006) für frühe Produktentwicklungsphasen, eignet sich

sehr gut hierfür.

„Warum müssen die Symbole an die Zielkultur angepasst werden? Die Nutzer können sich doch die neuen Icons merken und nach einiger Zeit gewöhnen sie sich schon dran.“ Solche Symbole verursachen Verwirrung, eine längere Lernzeit und auch mehr Bedienfehler, deshalb gehören sie nicht zu einem nutzerfreundlichen internationalen Produkt.

In diesem Beitrag wird eine kurze Studie zur Piktogrammerkennung, vorgestellt. Ziel war es zu testen, wie verständlich die ausgewählten, in Deutschland entworfenen Symbole, für chinesische Menschen sind.

2. Methode und Ergebnisse

In dieser Studie wurden 3 piktografischen Darstellungen (Abb. 2) aus dem Buch „Design. Die 100 Prinzipien für erfolgreiche Gestaltung“ (Lidwell et al., 2004) getestet. Diese drei Symbole stehen für „Wasser“, „Weiblich“ und „Radioaktiv“ und sind für Deutsche relativ einfach zu erkennen. Das Symbol „Wasser“ ist eine bildhafte Darstellung und die anderen zwei sind abstrakte Darstellung.

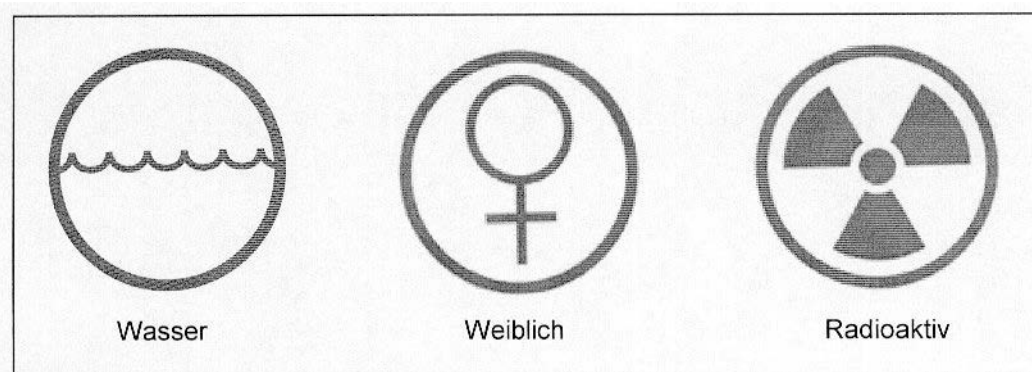


Abbildung 2: Getestete piktografische Darstellungen

Mit 10 chinesischen Studenten der TU Kaiserslautern wurden diese Symbole getestet. Um Einflüsse der Testpersonen untereinander zu vermeiden, wurden sie nach einander befragt, was sie unter den drei Symbolen verstehen? Im Folgenden werden die Studienergebnisse vorgestellt.

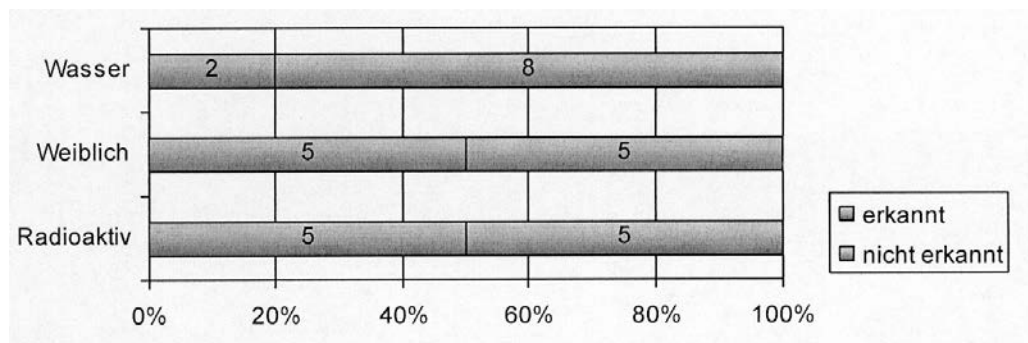


Abbildung 3: Ergebnisse aus der Studie

Abbildung 3 zeigt, nur 2 Testpersonen (20%) haben das Symbol „Wasser“, 5 Testpersonen (50%) das Symbol „Weiblich“ und auch nur 5 (50%) Testpersonen das

Symbol „Radioaktiv“ erkannt.

Das Symbol „Wasser“ war für chinesische Studenten am schwersten zu erkennen. Die Darstellung beim Wasser mit den Spitzen nach oben, ist in China unüblich. Statt „Wasser“ haben zwei chinesische Studenten „Microwelle“ und ein nicht fertig gemahltes „Kindergesicht“ erkannt. Weitere 6 Testpersonen konnten damit gar nichts anfangen.

Auch die Erkennung der Symbole „Weiblich“ und „Radioaktiv“ war relativ problematisch. Bei dem Symbol „Weiblich“ wussten zwar 5 Testpersonen, dass es sich bei diesem Symbol um weiblich oder männlich handelt, aber was genau konnten sie nicht sagen. Die Symbole „Weiblich“ und „Männlich“ hat man zwar in der Schule in Biologie irgendwann mal gelernt, diese werden in China im Alltag aber sehr wenig verwendet.

Das Symbol „Radioaktiv“ wurde von 3 Testpersonen mit Ventilator verwechselt. Es gibt drei Gründe dafür. Erstens, der Ventilator ist in China auch heute noch ein sehr weit verbreitetes Haushaltgerät. Zweitens kann die Verwechslung auch an dem äußere Kreis liegen. Das Symbol sollte besser nicht in einem Kreis untergebracht werden. Drittens ist die allgemeine Kenntnis über das Symbol „Radioaktiv“ noch sehr wenig verbreitet. Ansonst würde das in Abbildung 4 gezeigte Symbol nicht existieren! Als Deutscher wird man von einem solchen Bild irritiert sein. „Warum laufen Menschen zu einem radioaktiven Gegenstand?“ Nur wenn man genauer das Bild beobachtet, erkennt man, dass die Linien in dem Kreis nicht gerade sind. Es handelt sich hier nicht um einen radioaktiven Gegenstand, sondern einen Ball! Wenn der Designer hierin das Symbol „Radioaktiv“ kennen würde, würde er wahrscheinlich etwas anderes für den Ball nehmen.



Abbildung 4: Ein Symbol für Kinderspielfeld in einem chinesischen Flughafen

Um eine internationale Erkennbarkeit eines Symbols erreichen zu können, muss von der heute noch üblichen Verwendung abstrakter Darstellungen Abstand genommen werden. Es müssen bildhafte Symbole eingesetzt werden, um auch eine Verständlichkeit in anderen Ländern zu ermöglichen (Röse 2002). „Wasser“ ist zwar ein bildhaftes Symbol, aber durch die unübliche Darstellung wurde es nur von 20% der Testpersonen erkannt. Um eine Verständlichkeit der bildhaften Icons gewährleisten zu können, muss der kulturelle Kontext der bildlichen Darstellung berücksichtigt werden. Dies ist notwendig, um ein Symbol in den handlungstheoretischen Kontext integrieren zu können, denn nur dann kann der Vorteil einer bildhaften Darstellung genutzt werden (Röse 2002).

3. Diskussion

Es gibt Einschränkungen bei der Wertigkeit der Studie. So konnte u.a. der kulturelle Einfluss nicht ausreichend berücksichtigt werden, da die Testpersonen bereits zwischen 3 Monaten und 10 Jahren in Deutschland leben und sie sich somit bereits z.T. seit längerem an die deutsche Kultur angepasst haben. Weiterhin ist zu berücksichtigen, dass es sich bei den Testpersonen ausnahmslos um Studenten handelte. Die Studie ist somit nicht repräsentativ für normal gebildete Chinesen.

4. Zusammenfassung

Die Ergebnisse bewiesen, dass Chinesen sehr unsicher in der Deutung von, in Deutschland üblichen, Piktogrammen sind. Weiterhin kam es verhältnismäßig oft zu Fehlinterpretationen.

Das Ziel von Designer beim Entwerfen von Piktogrammen ist es, eine möglichst wortlose universelle Bildsprache zu entwickeln, die in auch in anderen Kulturen verstanden wird. Nur durch Berücksichtigung der kulturellen Unterschiede ist es möglich, dass im Einsatzumfeld der Piktogramme Fehlinterpretationen ausgeschlossen oder zumindest minimiert werden können.

5. Literatur

1. Nöth, W. 2000, Handbuch der Semiotik. Stuttgart: Metzler.
2. Snyder, C. 2003, Paper Prototyping: The Fast and Easy Way to Design and Refine User Interfaces. San Diego: Morgan Kaufmann.
3. Röse, K. 2002, Methoden zur Gestaltung interkultureller Mensch-Maschine-Systeme in der Produktionstechnik. Kaiserslautern: Universität Kaiserslautern.
4. Lidwell, W., Holden, K. & Buttler, J. 2004, Design. Die 100 Prinzipien für erfolgreiche Gestaltung. München: Stiebner.
5. Sarodnick, F. & Brau, H. 2006, Methoden der Usability Evaluation. Wissenschaftliche Grundlagen und praktische Anwendung. Bern: Huber.

Benchmark und Evaluierung der Benutzungsfreundlichkeit von Spracheingabegeräten in Robotersystemen

Barbara BIERFREUND¹, Kerstin NÖLLE¹ und Rebecca HOLLMANN²

¹ *Prospektiv Gesellschaft für betriebliche Zukunftsgestaltungen mbH, Friedensplatz 6, D-44135 Dortmund*

² *Fraunhofer Institut für Produktionstechnik und Automatisierung (IPA), Abteilung Robotersysteme, Nobelstraße 12, D-70569 Stuttgart*

Kurzfassung: Der Beitrag beschreibt ein Benchmark- und Evaluierungsverfahren der Benutzungsfreundlichkeit für Spracheingabegeräte bei Robotersystemen in industriellen Umgebungen. Der Ansatz ist in drei Teile untergliedert: der erste Teil stellt eine vergleichende Methode zur Erkennungsgenauigkeit bei typischen Hintergrundgeräuschen dar. Der zweite Teil beinhaltet ein Konzept zur Evaluierung der Benutzungsfreundlichkeit der Spracheingabegeräte vor der betrieblichen Implementierung. Zuletzt werden mittels Fragebogens die Spracheingabegeräte über einen längeren Anwendungszeitraum hinweg im betrieblichen Kontext evaluiert.

Schlüsselwörter: Usability, Evaluierung, Spracheingabegeräte, Robotersysteme.

1. Einleitung

Die Entwicklung von Spracheingabegeräten in Robotersystemen ist eine grundlegende technische Innovation, die bislang für Anwendungen in Unternehmen der verarbeitenden Industrie und des Handwerks nicht existiert. Dabei bietet die Möglichkeit der Sprachsteuerung von Robotersystemen eine Reihe von Vorteilen für Werker. Sie können, während sie ihre Arbeit verrichten, quasi ohne den Arbeitsprozess zu unterbrechen, die notwendige Roboterprogrammierung durch Sprachkommandos vornehmen, um den nächsten Arbeitsschritt einzuleiten. Integriert in flexible Robotersysteme, können Spracheingabegeräte damit besonders die Arbeit von kleinen und mittelständischen Unternehmen (KMU) unterstützen, die i.d.R. in Einzel- und Kleinserienfertigung und den damit verbundenen Flexibilitätsanforderungen an Technik, Organisation und Personal gekennzeichnet ist. Die besonderen Herausforderungen der Technologieentwicklung liegen also in der Anpassung an die spezifischen Anforderungen von KMU. Und diese sind nahezu so vielfältig wie KMU existieren. Ein Technologieentwicklungsprozess, der die zukünftigen Nutzer frühzeitig, d.h. bereits in der Vor-Entwicklungsphase, beteiligt, ist notwendig, um Informationen über Nutzeranforderungen zu ermitteln. Sinnvoll ist ein entwicklungsbegleitendes, iteratives Beteiligungsverfahren, das die Spracheingabegeräte kontinuierlich verbessert und an die Anforderungen der zukünftigen Nutzer anpasst.

Am Fraunhofer IPA wird im Rahmen des von der EU-geförderten Projektes SME-robotTM, ein Sprachinteraktions-Modul entwickelt, das in eine Roboter-Programmierungsumgebung integriert ist, welche die intuitive Programmierung von Assistenzsystemen ermöglicht. Das Sprachinteraktionssystem besteht aus den drei Komponenten Spracherkennung, Sprachausgabe und Dialogmanager (vgl. Abbildung 1). Es werden durch eine Grammatik definierte Kommandos erkannt und im

Dialogmanager interpretiert. Dieser steuert die Sprachausgabe an und kommuniziert mit der Steuerungssoftware der Programmierumgebung. Durch die Verwendung mehrerer Einzelgrammatiken wird die Erkennungsrate erhöht, da der jeweils aktive Wortschatz auf ein Minimum an Kommandos begrenzt wird.

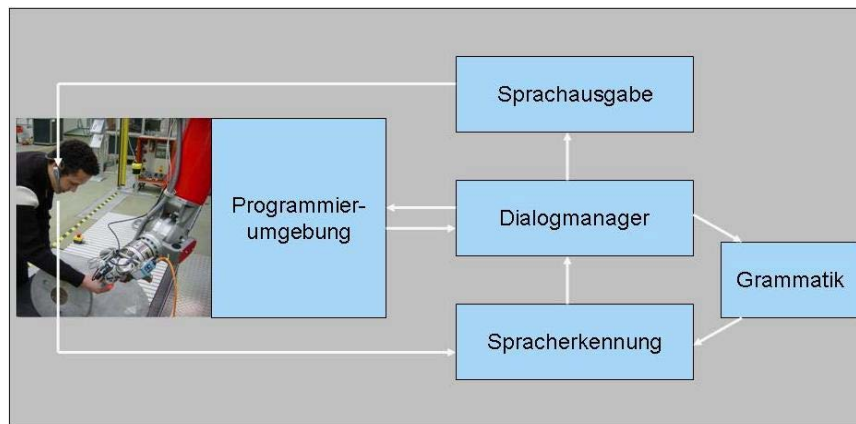


Abbildung 1: Datenfluss und Anbindung des Sprachinteraktionssystems

Um die Benutzungsfreundlichkeit der Spracheingabegeräte zu gewährleisten, wurde ein Ansatz zur frühzeitigen Evaluation zum Einsatz in industriellen Umgebungen konzipiert.

2. Methode

Der Evaluierungsansatz ist in drei Teile untergliedert: der erste Teil stellt eine vergleichende Methode zur Erkennungsrate bei typischen Hintergrundgeräuschen dar. Der zweite Teil beinhaltet ein Konzept zur Evaluierung der Benutzungsfreundlichkeit der Spracheingabegeräte vor der betrieblichen Implementierung. Zuletzt werden mittels Fragebogens die Spracheingabegeräte über einen längeren Anwendungszeitraum hinweg im betrieblichen Kontext evaluiert.

Zur Bestimmung der Erkennungsrate unterscheidet man die folgenden Ereignisse:

- Match (M): gesprochenes und erkanntes Kommando stimmen überein
- Substitution (S): gesprochenes und erkanntes Kommando weichen voneinander ab
- Insertion(I): die Erkennung eines Kommandos, obwohl dieses nicht gesprochen wurde
- Deletion(D): ein gesprochenes Kommando wird nicht erkannt

Als allgemeines Maß für die Leistungsfähigkeit von Spracherkennungs-Systemen dient die Wortfehlerrate (word error rate - WER):

$$WER = \frac{S + D + I}{N}$$

Für die Bewertung der Robustheit in industriellen Umgebungen weist sie allerdings einige Unzulänglichkeiten auf: Substitutionen, Insertionen und Deletionen werden identisch gewichtet. Zur Steuerung von Industrierobotern sind Substitutionen und Insertionen, welche ein unerwartetes und möglicherweise ungewolltes Verhalten des Roboters nach sich ziehen jedoch deutlich kritischer zu sehen als Deletionen, welche sich lediglich auf die Effizienz der Sprachsteuerung auswirken. Je nach Dialoggestaltung kann es außerdem sinnvoll sein, partielle Matches (P): die korrekte Erkennung

des Anfangs eines Kommandos, in die Bewertung mit einzubeziehen, da dies zur Einschränkung des Folgewortschatzes führen kann und somit eine höhere Erkennungswahrscheinlichkeit bei der wiederholten Eingabe nach sich zieht. Daher wird das folgende Bewertungsmaß (command accuracy – CA) vorgeschlagen:

$$CA = \frac{M + \frac{1}{2}P - S - I}{N}$$

Die Auswertung anhand der CA wurde, zusammen mit einem Algorithmus zur korrekten Zuordnung der Erkennungsergebnisse zu den Referenzkommandos, in einer öffentlich zugänglichen Matlab-Applikation implementiert (siehe Abbildung 2 und Meyer et al. 2007).

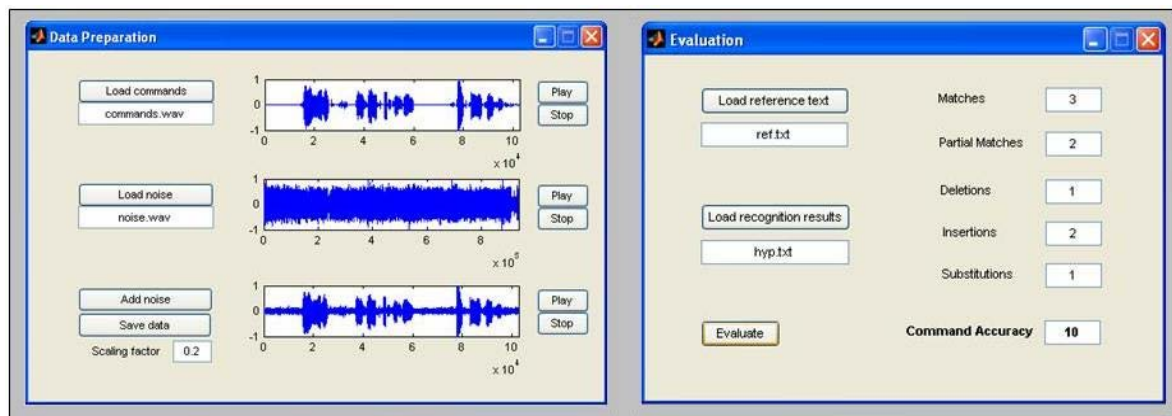


Abbildung 2: Applikationen zur Bereitstellung von Testdaten (links) und zur Auswertung (rechts)

Um vergleichbare Ergebnisse zu gewährleisten, müssen sowohl Hintergrundgeräusche als auch das Lautstärke-Verhältnis der Sprachkommandos zum Hintergrund übereinstimmen. Einen Testdatensatz zur Verfügung zu stellen erweist sich jedoch als unpraktisch, da jede Anwendung einen anderen Befehlsumfang, sowie spezielle Kommandos (z.B. Fachausdrücke) erfordert. Aus diesem Grund wurde die Bereitstellung einer zweiten Applikation entschieden, welche individuelle Sprachaufnahmen in definierter Weise mit relevanten Geräuschkulissen hinterlegt (siehe Abbildung 2).

Im zweiten Teil wurde die Benutzungsfreundlichkeit der Spracheingabegeräte mit einer Gruppe von Endanwendern und Entwicklern getestet. Usability ist ein wichtiges Merkmal für interaktive Systeme, welches bislang fast ausschließlich für Softwareoberflächen angewandt wurde. Die Kriterien zur Gestaltung von Benutzungsfreundlichkeit interaktiver Systeme sind in Normen zur Softwareergonomie festgelegt. Zur Ermittlung der Benutzungsfreundlichkeit wurde eine konkrete Arbeitsaufgabe zur Handhabung der Spracheingabegeräte gestellt, die durch die späteren Nutzer (Werker aus KMU verschiedener Branchen) ausgeführt wurde. Anhand der Co-Discovery-Methode wurde die Usability der Spracheingabegeräte getestet. Die Ergebnisse wurden von den Nutzer entsprechend der Grundsätze zur Dialoggestaltung strukturiert an die Entwickler rückgemeldet. In einer moderierten Diskussion wurden die Ergebnisse nach Wichtigkeit und Machbarkeit sortiert sowie die nächsten Entwicklungsschritte festgelegt.

3. Ergebnisse

Wesentliche Ergebnisse des Benchmark- und Evaluierungsverfahrens liegen in

folgenden Bereichen:

- Aufgabenangemessenheit, d.h. dass der Nutzer die Arbeitsaufgabe effektiv und effizient erledigt kann. Wichtig für die Anwendung in KMU ist die Berücksichtigung des technischen Vokabulars und die Werkstattsprache unterschiedlicher Branchen.
- Individualisierbarkeit, d.h. die Anpassung des Spracheingabegerätes an die Fähigkeiten und Vorlieben des Nutzers. Die Möglichkeit der Erstellung und Speicherung eines Nutzerprofils ist notwendig.
- Fehlertoleranz, d.h. trotz erkennbar fehlerhafter Eingabe kann mit keinem oder minimalem Korrekturaufwand das Arbeitsergebnis erreicht werden. Fehlerursachen müssen zur Voraussetzung ihrer Beseitigung transparent gemacht werden.
- Lernförderlichkeit, d.h. dass der Nutzer beim Erlernen des Dialogsystems unterstützt und angeleitet wird. Das Usability-Testing hat dazu geführt, dass ein Lern- und Hilfeprogramm frühzeitig entwickelt wird.

Die Ergebnisse führen zu folgenden Schlussfolgerungen:

- Die Beteiligung von Werkern aus potenziellen Kundenunternehmen, erzielt für den Technologieentwicklungsprozess direkt praktisch verwertbare Ergebnisse.
- Die möglichst frühzeitige Beteiligung von Nutzern ist unerlässlich, um erhebliche Folgekosten in der Entwicklung zu vermeiden. Wichtig ist dabei auch das Usability-Testing im organisationalen Kontext.
- Die Usability von Spracheingabegeräten führt zu höherer Produktivität in den Unternehmen.

Der Ansatz des Benchmark- und Evaluierungsverfahrens von Spracheingabegeräten hat gezeigt, dass ein iterativer Prozess für die Entwicklung einer nutzerorientierten Technologie unumgänglich ist. Das ursprünglich geplante dreistufige Verfahren wurde als nicht ausreichend erachtet; eine vierte Evaluierungsstufe ist zusätzlich geplant. Die zusätzliche Stufe dient der nochmaligen Evaluierung der Spracheingabesysteme vor der Implementierung in den industriellen Kontext.

4. Literatur

1. Geis, T., Dszida, W. & Redtenbacher, W. 2004, Specifying usability requirements and test criteria for interactive systems. Consequences for new releases of software-related standards within the ISO 9241 series. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW Verlag für neue Wissenschaft.
2. Meyer, C., Hollmann, R., Parlitz, C. & Hägele, M. 2007, Programmieren durch Vormachen für Assistenzsysteme - Schweiß- und Klebebahnen intuitiv programmieren, it - Information Technology, 49, 238 – 246.
3. Nielsen, J. & del Galdo, E. (Eds.) 1996, International User Interfaces. New York: John Wiley & Sons.
4. Nielsen, J. & Mack, R.L. (Eds.) 1994, Usability Inspection Methods. New York: John Wiley & Sons.
5. Nielsen, J. 1994, Usability Engineering. Cambridge, MA: Academic Press.
6. Norm DIN EN ISO 9241-11: 2006-08, Anforderung an die Gebrauchstauglichkeit. Berlin: Beuth.
7. DIN EN ISO 9241-110: 2006-08, Grundsätze der Dialoggestaltung. Berlin: Beuth.
8. DIN EN ISO 9241-15: 2006-08, Dialogführung mittels Kommandosprachen. Berlin: Beuth.
9. ISO 13407: 1999, Benutzer-orientierte Gestaltung interaktiver Systeme. Berlin: Beuth.

Ergonomische Gestaltung des Führertisches für Triebfahrzeuge im grenzüberschreitenden Schienenverkehr

Denis SELIGER und Manfred RENTZSCH

*IAS Institut für Arbeits- und Sozialhygiene Stiftung,
Allee der Kosmonauten 47, D-12681 Berlin*

Kurzfassung: In dem von der EU geförderten Forschungsprojekt MODTRAIN arbeiten sowohl Bahnsystemhersteller, Bahnbetreiber als auch Forschungseinrichtungen gemeinsam an einem harmonisierten, modularen und ergonomisch gestalteten Führertisch mit dem Ziel, den grenzüberschreitenden Schienenverkehr zu erleichtern. Auf Basis eines Gestaltungsleitfadens wurde ein Design-Modell der Führerkabine im Maßstab 1:1 entwickelt und danach von Bahnexperten und erfahrenen Lokführern getestet. Anschließend wurde unter Beachtung der während der „Mock-up-Tests“ gewonnenen Änderungsempfehlungen ein Funktionsmodell entwickelt, welches in drei verschiedenen Testphasen (Layouts für Lokomotiven bzw. Triebzüge) im Forschungssimulator SIMUFER der Französischen Bahn SNCF von jeweils 20 Lokführern aus verschiedenen europäischen Ländern getestet wird. Im Ergebnis der Testserien sollen sicherheitsrelevante, ergonomische und generelle Akzeptanz-Probleme herausgefiltert und neue Lösungen für eine europäisch vereinheitlichte Mensch-Maschine-Schnittstelle am Führertisch abgeleitet werden. Diese Erkenntnisse sollen abschließend zur Überarbeitung bahnrelevanten Standards und Richtlinien genutzt werden.

Schlüsselwörter: Mensch-Maschine-Schnittstelle, Schienenverkehr, Führertisch.

1. Einleitung

In dem von der europäischen Kommission geförderten Projekt MODTRAIN (Innovative Modular Vehicle Concepts for an Integrated European Railway System) werden im Teilprojekt EUCAB Untersuchungen zur ergonomischen, modularen und harmonisierten Gestaltung der Mensch-Maschine-Schnittstelle im Führerraum der Triebfahrzeuge mit dem besonderen Schwerpunkt der Gestaltung des Führertisches durchgeführt, um den grenzüberschreitenden Schienenverkehr zu erleichtern (Rentzsch et al. 2006). Das Projektkonsortium setzt sich aus Bahnsystemherstellern, Bahnbetreibern sowie Forschungseinrichtungen zusammen. Ziele, die bei der Entwicklung des neuen Führertisches innerhalb dieses Projektes verfolgt werden, sind beispielsweise:

- Entwicklung und beispielhafte Umsetzung eines modularen, ergonomisch optimierten Führertisches für den Einsatz im grenzüberschreitenden Verkehr sowohl in Lokomotiven als auch in Triebzügen,
- Prinzipiell vereinheitlichte und modular strukturierte Bedienfunktionen auf Führertischen,
- Reduzierung von Bedienelementen durch integrierte Softwarelösungen,
- Beschriftung der Bedienfunktionen (Bedienelemente, Terminaltasten und Soft-

- warefunktionen) durch selbsterklärende Piktogramme/ Symbole,
- Gestaltung für einen breiten europäischen Nutzerkreis (5. Perzentil weiblich bis 95. Perzentil männlich).

2. Methoden

Die Erkenntnisse des Vorläuferprojektes EUDD (European Driver's Desk) berücksichtigend, wurde ein Gestaltungsleitfaden erarbeitet, auf dessen Basis ein Design-Modell der Führerkabine im Maßstab 1:1 entwickelt und anschließend von 17 Bahnexperten und 20 erfahrenen Lokführern aus 10 europäischen Ländern beurteilt wurde (Rentzsch & Gelbert 2003). Aufbauend auf den Spezifikationen der Bahnbetreiber und den während der „Mock-up Tests“ gewonnenen Änderungsempfehlungen wurde anschließend ein Funktions-Modell des Führertisches gebaut. Dieses Modell wird im weiteren Projektverlauf in drei Testphasen im Forschungssimulator SIMUFER der Französischen Bahn SNCF von jeweils 20 Lokführern aus verschiedenen europäischen Ländern getestet. Dabei handelt es sich um zwei Testserien mit dem Layout des Führertisches für Lokomotiven und eine Testserie mit dem Layout des Führertisches für Triebzüge. In Abbildung 1a ist das Design-Modell der Führerkabine dargestellt. Das Funktionsmodell des Führertisches im Simulator zeigt Abbildung 1b. Die Testdauer des Simulatortests betrug einen Tag pro Lokführer.



Abbildung 1: a: Design-Modell der Führerkabine, b: Funktionsmodell des Führertisches im Simulator

Dabei wurden verschiedene Szenarien mit unterschiedlichen Aufgabenstellungen und teilweise unerwarteten Ereignisse (z. B. Hindernis auf der Strecke oder Passagiernotruf) auf einer simulierten Strecke durchfahren.

Im Anschluss an jedes Szenario erfolgte eine Befragung des Triebfahrzeugführers mit Hilfe eines Fragebogens. Im Mittelpunkt der jeweiligen Befragung standen die Bedienelemente auf dem Führertisch, die in dem Szenario besonders häufig benutzt wurden sowie die komplexen Handlungen, die während der Testfahrt zu bewältigen waren. Die Mehrzahl der Fragen war so formuliert, dass sie mit Hilfe einer mehrstufigen Skala durch Ankreuzen beantwortet werden konnten. Es bestand bei jeder Frage die Möglichkeit, zusätzliche Bemerkungen in einer separaten Zeile zu ergänzen. Weiterhin hatten die Lokführer die Möglichkeit, kritische Punkte bei der Fahrt bzw. bei der Bedienung des Führertisches zu benennen und Vorschläge zu deren Verbesserung zu unterbreiten.

Ein umfangreicher Abschlussfragebogen, mit dem Ziel die über den Testtag gewonnen Eindrücke festzuhalten, bildete den Abschluss des Tests. Neben den durch

Fragebögen ermittelten Akzeptanzdaten wurden Fahrdaten aufgezeichnet und Daten zur Beanspruchung der Triebfahrzeugführer erhoben.

3. Ergebnisse

Auszugsweise sollen im Folgenden Ergebnisse aus der ersten Testreihe des Simulatortests (Layout des Führertisches für Lokomotiven) vorgestellt werden. Bei den meisten Bedienelementen auf dem Führertisch wurden die drei Kriterien Erkennbarkeit, Erreichbarkeit und Bedienbarkeit positiv beurteilt. Beispielhaft dafür sind in Abbildung 2 die Ergebnisse der Befragung für die Bedienelemente zur Steuerung der Zugsicherung (ETCS – European Train Control System) dargestellt.

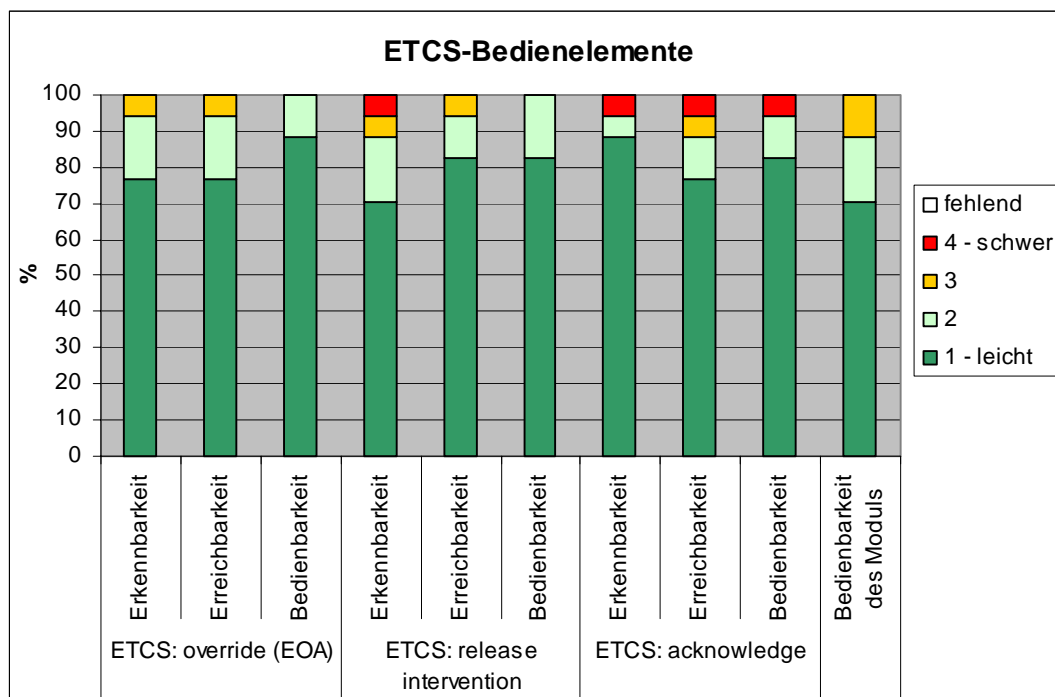


Abbildung 2: Beurteilung der ETCS-Bedienelemente

Bei Bedienelementen, deren Beurteilung weniger positiv ausfiel, wurden Änderungsempfehlungen abgeleitet und im Projektkonsortium diskutiert. Dadurch konnten bereits Verbesserungsvorschläge, die aus der ersten Testserie resultierten, in der zweiten Testphase umgesetzt und in dieser überprüft werden.

Auch die komplexen Handlungen, die während der Zugfahrt zu realisieren waren, konnten in den Fragebögen bewertet werden. Aufgrund dieser Beurteilung und den von den Testpersonen abgegebenen Kommentaren konnten auch hier Maßnahmen empfohlen, teilweise umgesetzt und deren Beurteilung in der zweiten Testphase überprüft werden. In Abbildung 3 ist der Vergleich der Bewertungen der komplexen Handlungen Eingabe der Zugdaten, Bremstest, DAC-Test (Sifa-Test) sowie Änderung der Spannung während der Fahrt durch die Triebfahrzeugführer gegenübergestellt. Durch die teilweise negative Beurteilung dieser Handlungen in Testphase 1 sind diese überarbeitet worden. Es ist zu erkennen, dass die umgesetzten Änderungen zu einer Verbesserung der Beurteilung der komplexen Handlungen geführt hat. Es ist allerdings auch zu erkennen, dass beispielsweise der Punkt Eingabe der Zugdaten immer noch Potenzial für Verbesserungen aufzeigt.

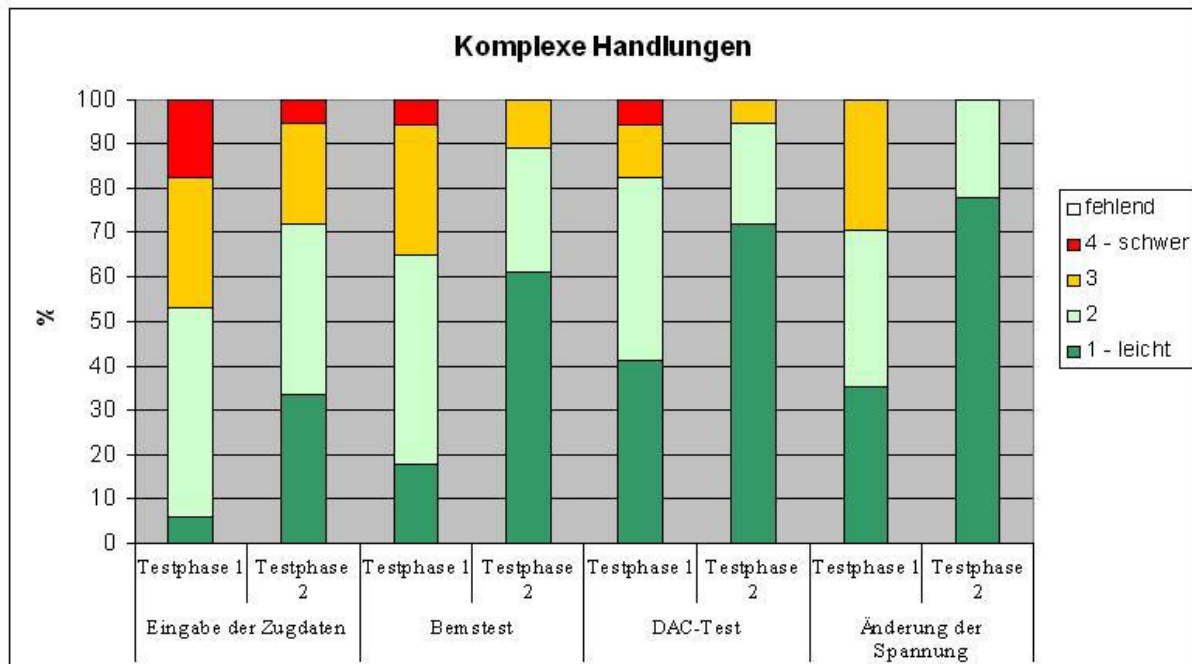


Abbildung 3: Beurteilung der komplexen Handlungen in Testphase 1 und Testphase 2
DAC Driver's Activity Control

4. Ausblick

Im Ergebnis der Testserien sollen sicherheitsrelevante, ergonomische und generelle Akzeptanz-Probleme herausgefiltert und abschließend neue Lösungen für eine europäisch vereinheitlichte Mensch-Maschine-Schnittstelle am Führertisch abgeleitet werden. Die so gewonnenen und sowohl von den Bahnbetreibern, den Bahnsystemherstellern und den Forschungseinrichtungen getragenen Erkenntnisse sollen abschließend zu einer Überarbeitung von bahnrelevanten Standards und Richtlinien, wie beispielsweise von UIC-Richtlinien, führen.

Im folgerichtigen und notwendigen nächsten Schritt werden die Ergebnisse der Simulatortests im Rahmen des Forschungsprojekts EUDDplus unter realen Bedingungen des Eisenbahnbetriebs überprüft, indem eine Lokomotive mit einem neu gestalteten harmonisierten Führertisch ausgerüstet und getestet wird.

5. Literatur

1. Rentzsch, M. & Gelbert, L. 2003, Ergonomic design of an European Driver's Desk for Cross-border Traffic. In: Proceedings of the Triennial Congress of the International Ergonomics Association, Volume 3, 1-4.
2. Rentzsch, M., Liesemeier, B., Seliger, D., Gelbert, L., Wessner, C., Meissner, Th., Steinicke, W. & Weigel, T. 2006, Ergonomic aspects of a driver's desk for cross-border trains – Analysis, evaluation and design, RTR Rail Technical Review Issue 2, 46, 22-29.

Altersdifferenzierte Gestaltung der Mensch-Rechner-Interaktion oder „Design for All“ ?

Nicole SCHNEIDER, Janet WILKES, Morten GRANDT und Christopher M. SCHLICK

*Institut für Arbeitswissenschaft, RWTH Aachen,
Bergdriesch 27, D-52062 Aachen*

Kurzfassung: Der demografische Wandel erfordert neue Konzepte, um ältere Arbeitnehmer in der Arbeitswelt halten und ihre Potenziale ideal nutzen zu können. Es werden Verfahren und Technologien untersucht, die gerade ältere Arbeitnehmer bei der Bildschirmarbeit unterstützen sollen. Auf Basis einer experimentellen Studie wird diskutiert, inwieweit eine altersspezifische Gestaltung der Mensch-Rechner-Interaktion im Sinne einer gezielten Unterstützung älterer Computernutzer sinnvoll ist, oder ob abgeleitete Gestaltungsvorschläge nicht vielmehr einem „Design for All“-Ansatz entsprechen.

Schlüsselwörter: Demografischer Wandel, Adaptive Software, Mensch-Rechner-Interaktion.

1. Einleitung

Der demografische Wandel erfordert neue Konzepte, Methoden und Werkzeuge zur Unterstützung älterer Arbeitnehmer. Besonders die Bildschirmarbeit stellt dabei aufgrund der steigenden Technisierung der Arbeitsmittel und der insgesamt eher distanzierten Haltung älterer Arbeitnehmer gegenüber Technik einen wichtigen Anknüpfungspunkt da. Ältere Arbeitnehmer weisen altersspezifische Leistungsveränderungen auf (Rogers & Fisk 2000; Bodine 2007), von denen sich einige negativ auf die Bildschirmarbeit auswirken können (Hawthorn 1998). Gleichwohl stellen ältere Arbeitnehmer aufgrund ihres großen Erfahrungsschatzes und der im Laufe des (Berufs-) Lebens entwickelten sozialen und kommunikativen Kompetenzen eine wichtige Gruppe im Unternehmen dar. So ist es nicht akzeptabel, dass die Einbindung älterer Mitarbeiter in Arbeitsprozesse an nicht altersgerecht gestalteter Soft- und Hardware scheitert.

Der Ansatz der altersdifferenzierten Adaption der Mensch-Rechner-Interaktion verfolgt deshalb das Ziel, die Soft- und Hardware an die spezifischen Fähigkeiten und Bedürfnisse speziell älterer Computernutzer anzupassen. Es stellt sich jedoch die Frage, ob Anpassungen, die bei älteren Computernutzern zu einer verbesserten Leistungsfähigkeit und höheren Akzeptanz führen, nicht auch für andere Altersgruppen Vorteile bringen, und die Softwaregestaltung demzufolge einem „Design for All“-Ansatz zur Unterstützung aller Computernutzer folgen sollte.

In mehreren experimentellen Studien wurde untersucht, wie sich unterschiedliche Adoptionsdimensionen, wie die Schriftgröße, das Layout von Netzplänen bei Memorierungs- und Interpretationsaufgaben sowie verschiedene Interaktionstechnologien, auf das Leistungsverhalten von Benutzern auswirken und inwieweit diesbezüglich altersspezifische Effekte auftreten (Schneider et al. 2007). In diesem Beitrag wird exemplarisch die Adoptionsdimension Layoutgestaltung von Netzplänen vorgestellt und die aufgeworfene Fragestellung anhand der Ergebnisse bei Durchführung von Memorierungsaufgaben diskutiert.

2. Methode

Basierend auf dem exemplarischen Anwendungsbeispiel einer Projektmanagementsoftware wurde als eine der möglichen Adaptionsdimensionen der Einfluss der Layoutgestaltung von Netzplänen auf die Memorierungsleistung der Benutzer unter Berücksichtigung altersgruppenspezifischer Unterschiede untersucht.

Dabei wurde zwischen vertikaler und horizontaler Orientierung der Netzpläne unterschieden. Zudem wurden verschiedene räumliche Spreizungen, d.h. Abstände zwischen den Aktivitäten eines Netzplanes, analysiert. Insgesamt wurden sechs unterschiedliche Layouts von Netzplänen (Abb. 1) als Einflussparameter betrachtet.

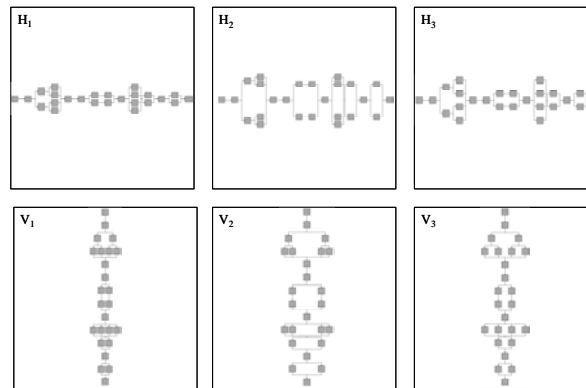


Abbildung 1: Netzplan-Layouts, die bezüglich Memorierungsleistung untersucht wurden

2.1 Stichprobe

An dem Experiment nahmen insgesamt 90 Versuchspersonen im Alter zwischen 20 und 75 Jahren (Mittelwert=45,2 Jahre, SD=15,55) teil, davon waren 45 weiblich und 45 männlich. Die Probanden wurden in drei Altersklassen aufgeteilt (I: 20-39, II: 40-59, III: 60-75 Jahre). Der Altersklasse I gehörten 34 Teilnehmer mit einem mittleren Alter von 28,18 Jahren (SD=4,51) an. Der zweiten Gruppe gehörten 35 Personen an (Mittelwert=49,7 Jahre, SD=6,49), und mit einem Altersdurchschnitt von 65,3 Jahren (SD=4,42) war die Altersklasse III mit 21 Probanden vertreten.

2.2 Aufgabe

Nach Ertönen eines Startsignals wurde eine willkürlich erzeugte Sequenz von fünf Aktivitäten des Netzplanes für zwei Sekunden durch eine Markierung hervorgehoben. Die Markierung der Aktivitäten wurde durch die Veränderung der Farbe, blau anstelle von grau, vorgenommen. Das Ende der Sequenz wurde ebenfalls durch ein akustisches Signal angezeigt. Die Aufgabe der Probanden bestand nun in der richtigen Wiedergabe der zuvor farblich hervorgehobenen Aktivitätssequenz. Dazu musste die vollständige Sequenz in richtiger Reihenfolge mit der Maus auf dem Bildschirm markiert werden.

Pro Layout wurden sechs verschiedene Sequenzen präsentiert. Die Reihenfolge, in der die unterschiedlichen Layouts präsentiert wurden, wurde zwischen den Probanden zufällig variiert, wobei die Sequenzen innerhalb eines Layouts für alle identisch waren. Das resultierende Varianzmodell besteht aus drei Faktoren „Altersklasse“ (3 Stufen), „Orientierung“ (2 Stufen) und „Spreizung“ (3 Stufen). Als abhängige Variablen wurden die Anzahl der korrekt wiedergegebenen Sequenzen sowie die Bearbeitungszeit untersucht.

3. Ergebnisse

Bezüglich der erzielten Leistung wird in der folgenden Auswertung zum einen die Anzahl der vollständig memorierten Sequenzen (Güte) betrachtet, also solche, in denen alle fünf Aktivitäten korrekt wiedergegeben wurden. Zum anderen wurde die Bearbeitungszeit betrachtet; diese allerdings für Sequenzen, in denen mindestens drei Aktivitäten richtig memoriert wurden.

3.1 Güte

Es zeigt sich ein signifikanter Haupteffekt der Altersgruppe ($F=15,12$; $df=2$; $p<0.01$). Das für signifikante Effekte nach Eimer (1978) berechnete Wirkungsmaß η^2 ergibt eine Varianzaufklärung zwischen den Vpn von 12,7%. Die Altersgruppe der 20-39-Jährigen weist signifikant bessere Memorierungsleistungen auf als die übrigen Altersgruppen. Ein horizontales Layout führt zu signifikant besserer Leistung im Sinne der Anzahl vollständig memorierte Sequenzen als das vertikale Layout ($F=64,51$; $df=1$; $p<0.01$; $\eta^2=0.080$) (Abb. 2, links).

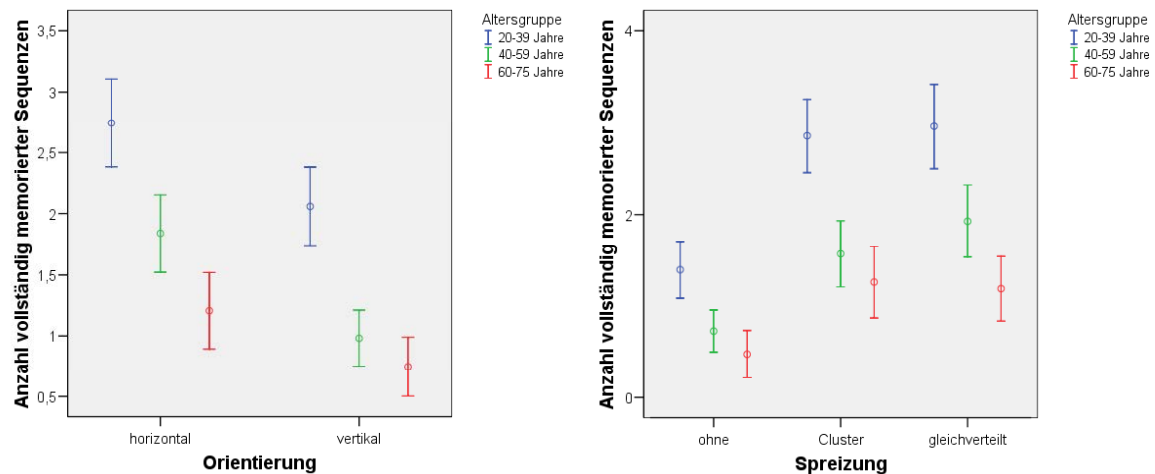


Abbildung 2: Anzahl vollständig memorierte Sequenzen nach Orientierung (links) und Spreizung (rechts) und bzgl. Altersgruppe (aufsteigend von links nach rechts)

19% der Varianz innerhalb Vpn sind auf die Spreizung des Layouts zurückzuführen ($F=64,63$; $df=2$; $p<0.01$). Die post hoc durchgeführten Paarvergleiche zeigen keine Unterschiede zwischen Cluster- und gleichverteilter Spreizung an, das Layout ohne Spreizung führt jedoch zu signifikant schlechterer Leistung (Abb. 2, rechts). Auffallend ist hier, dass die Altersgruppe der 60-75-Jährigen unter Nutzung von Cluster- oder gleichverteilter Spreizung zu ähnlichen Ergebnissen kommt wie die Altersgruppe der 20-39-Jährigen ohne Spreizung.

3.2 Bearbeitungszeit

Ein signifikanter Alterseffekt zwischen den Probanden ist auch bezüglich der Zeit festzustellen ($F=7,93$; $df=2$; $p<0.01$; $\eta^2=0.054$). Das horizontale Layout schneidet in Bezug auf die Reaktionszeit signifikant besser ab als das vertikale ($F=6,25$; $df=1$; $p=0.05$; $\eta^2=0.012$). Der Spreizungseffekt ist signifikant ($F=7,5$; $df=2$; $p<0.01$), das Wirkungsmaß errechnet sich zu $\eta^2=0,030$. Ein Layout ohne Spreizung schneidet dabei signifikant schlechter ab als bei Cluster- und gleichverteilter Spreizung.

4. Diskussion

Die Ergebnisse zeigen zwar alterspezifische Leistungsveränderungen auf, d.h. die älteren Probanden benötigten signifikant mehr Zeit und memorierten weniger Sequenzen als die jüngeren Probanden. Ältere Benutzer können durch geeignete Unterstützung jedoch auch das (höhere) Leistungsniveau jüngerer erreichen. Die untersuchten Adaption dimensionsen zeigten jedoch bei allen Altersgruppen Leistungseffekte. So führt die offenbar aufgabengerechte Anpassung des Layouts eines Netzplanes, d.h. horizontale Ausrichtung und große Spreizung, bei allen Altersgruppen zu besseren Leistungen, was für einen „Design for All“-Ansatz spricht.

Eine Altersspezifische Adaption erscheint aber dennoch sinnvoll, wenn die adaptierte Größe besonders stark mit dem Alter variiert. So stellt die Anpassung der Schriftgröße eine, aufgrund der altersbedingten Abnahme der Sehfähigkeit, sinnvolle altersspezifische Dimension dar. Hier könnte ein „Design for All“-Ansatz negative Auswirkungen haben, da eine besonders große Schrift, die bei älteren Computernutzern zu einer Leistungssteigerung führt, bei „normalsichtigen“ Nutzern zu einer Leistungsabnahme führen kann (DIN EN ISO 9241-303). Eine Untersuchung auf Basis eines Reiz-Reaktionstests hat hier zwar keine entsprechenden Ergebnisse erzielt (Schneider et al. 2007), in einer aktuellen Studie wird diese Adaption dimensionsdimension jedoch anhand einer kontextbasierten Aufgabenstellung näher untersucht.

Vor dem Hintergrund des demografischen Wandels durchgeführte Maßnahmen zur altersgerechten Gestaltung von Arbeitsplätzen kommen folglich nicht zwingend ausschließlich älteren Arbeitnehmern zugute, sondern können, mit evtl. geringerer Effektstärke, auch für jüngere Nutzer Vorteile bringen.

5. Literatur

1. Bodine, C. 2007, Aging Well: The Use of Assistive Technology to Enhance the Lives of Elders. In: C. Stephanidis (Edt.), Universal Access in HCI 2007 Part 1, 12th International Conference on Human-Computer Interaction 2007, 861-867.
2. Eimer, E. 1978, Varianzanalyse: Eine Einführung. Stuttgart: Kohlhammer.
3. Hawthorn, D. 1998, Psychophysical Aging and Human Computer Interface Design. In: Proceeding of the Australian Computer Human Interaction Conference.
4. Rogers, W.A. & Fisk, A. 2000, Human factors, applied cognition, and aging. In: F.I.M. Craik & T.A. Salthouse (Eds.), The handbook of aging and cognition. Mahwah: Erlbaum, 559-591.
5. Schneider, N., Wilkes, J., Grandt, M. & Schlick, C.M. 2007, Investigation of Adaptation Dimensions for Age-Differentiated Human-Computer Interfaces. In: C. Stephanidis (Edt.), Universal Access in HCI 2007 Part 1, 12th International Conference on Human-Computer Interaction 2007. Berlin: Springer, 1010-1019.

Stellenwert von Ergonomie und Sicherheit beim Kauf von Handmaschinen und Heimwerkergeräten

Karl-Heinz LANG¹, Hansjürgen GEBHARDT¹, André KLUSSMANN¹,
Christiane ADOEIT² und Hans-Jörg WINDBERG²

¹ *Institut für Arbeitsmedizin, Sicherheitstechnik und Ergonomie (ASER) e.V.,
Corneliusstr. 31, D-42329 Wuppertal*

² *Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA),
Gruppe 2.1 „Produktbeschaffenheit - Grundsatzfragen“
Friedrich-Henkel-Weg 1-25, D-44149 Dortmund*

Kurzfassung: In der Entwicklung von einem angebotsorientierten Herstellermarkt hin zu einem nachfrageorientierten Käufermarkt tragen die Kunden durch ihre Kaufentscheidungen mit dazu bei, dass Produkte mit einer hohen Gebrauchstauglichkeit, hohem Sicherheitsstandard und Umweltverträglichkeit verstärkt am Markt angeboten werden. Gegenstand der hier vorgestellten Untersuchung im Rahmen eines BAuA-Forschungsprojektes war es daher, das Käuferverhalten am Beispiel von Handmaschinen und Heimwerkergeräten näher zu analysieren und den Stellenwert der genannten Faktoren in Relation zu weiteren kaufbeeinflussenden Größen zu untersuchen. Entsprechend wurden als Untersuchungsfeld Baumarktkunden ausgewählt. Hierzu wurde ein Erhebungsinstrumentarium entwickelt, mit Hilfe dessen einerseits überdauernde Einstellungen als auch Faktoren einer konkreten Kaufentscheidung erhoben wurden. Insgesamt wurden so mehr als 1.000 Baumarktkunden befragt. Die Auswertung der Käuferbefragungen zeigte z.T. deutliche Abweichungen zwischen verschiedenen Altersgruppen. In der Tendenz ist festzustellen, dass die genannten Faktoren bei älteren Käufergruppen eine höhere Bedeutung aufweisen als bei jüngeren.

Schlüsselwörter: Käuferverhalten, Sicherheitsbewusstsein, Kennzeichnungen, Ergonomie.

1. Einleitung

Seit dem in Kraft treten des Geräte- und Produktsicherheitsgesetzes sind ansteigende Ermittlungszahlen unsicherer Produkte durch die Marktüberwachung und zunehmende Fallzahlen von Rückrufen insbesondere durch Hersteller in Deutschland zu verzeichnen. Betrachtet man in diesem Zusammenhang z.B. die Entwicklung der Anzahl der Schutzklausel-Meldungen so ist einerseits der Anstieg festzustellen, andererseits auch zu beobachten, dass sich z. B. im Dreijahreszeitraum 2004 bis 2006 unter den insgesamt 1.295 Schutzklausel-Meldungen jeweils nur 5 Schutzklausel-Meldungen über unsichere Maschinen und über unsichere Spielzeuge, jedoch 1.285 Schutzklausel-Meldungen über unsichere elektrische Betriebsmittel bzw. Niederspannungsgeräte befanden (vgl. Abbildung 1). Mit einer Schutzklausel-Meldung wird die EU-Kommission von den EWR-Mitgliedstaaten hauptsächlich darüber informiert, dass von Behörden Maßnahmen zur Beschränkung des Inverkehrbringens eines unsicheren Produkts, welches unter bestimmte EU-Binnenmarkt-Richtlinien fällt, verfügt

wurden und damit ein „Handelshemmnis“ aufgebaut wurde. Zweck des Schutzklausel-Verfahrens ist es, dass die EU-Kommission die behördlichen Beschränkungsmaßnahmen nochmals kritisch überprüft und so der Behinderung des freien Warenverkehrs zustimmt oder sie als ungerechtfertigt ablehnt.

Auch bei den hier vorwiegend betrachteten Handmaschinen und Heimwerkergeräten handelt es sich um solche Geräte, dabei kann es sich auch um sogenannte Migrationsprodukte handeln, also um Produkte, die als technische Arbeitsmittel ursprünglich nur für den Einsatz im gewerblichen Bereich entwickelt wurden, real jedoch häufiger auch im Privatbereich eingesetzt werden und somit zu Verbraucherprodukten werden.

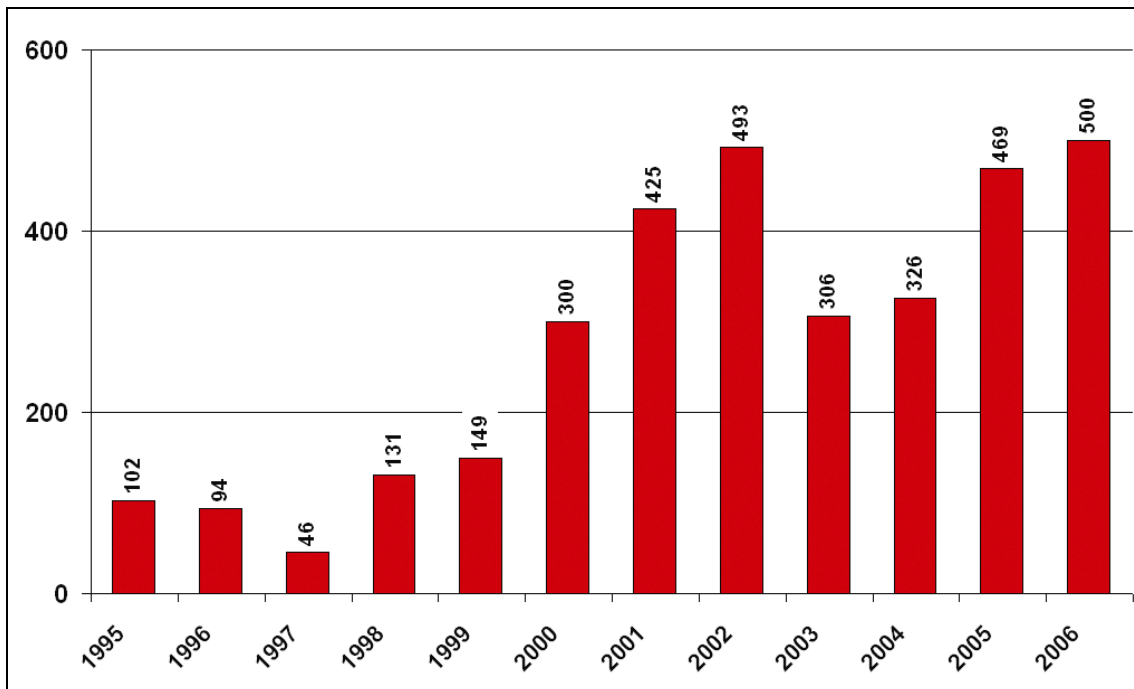


Abbildung 1: Anzahl der jährlichen Schutzklausel-Meldungen im Europäischen Wirtschaftsraum seit dem Jahr 1995 (Lang et al. 2007)

2. Methode

Zur Analyse des Käuferverhaltens und des Sicherheitsbewusstseins wurde ein insgesamt dreiteiliges Untersuchungsdesign entwickelt, dessen Schwerpunkt eine standardisierte Befragung von Kunden unterschiedlicher Altersgruppen in Baumärkten zum Kauf von Migrationsprodukten am Beispiel von Handmaschinen und Heimwerkergeräten bildete. Ergänzt wurde diese durch halbstandardisierte Interviews hauptsächlich mit Einkäufern und Marktleitern von Baumarktketten sowie darüber hinaus einer standardisierten Online-Befragung von Verbrauchern zum Kauf von Migrationsprodukten am Beispiel von Handmaschinen und Heimwerkergeräten.

Der insgesamt 4-seitige Fragebogen gliedert sich grob in drei Abschnitte: Innerhalb des ersten Abschnittes (insgesamt 10 Fragen) werden eher überdauernde Faktoren des Kaufverhaltens beim Erwerb von Handmaschinen und Heimwerkergeräten erfragt. Die Fragen innerhalb des zweiten Abschnitts (insgesamt 8 Fragen) beziehen sich auf eine konkrete Kaufentscheidung. Hierbei stehen einerseits Art, Preis bzw. eingeschätztes Preissegment und Einsatz des Produktes sowie die Auseinanderset-

zung mit Sicherheit, Ergonomie und Umweltverträglichkeit ebenso wie die gegangenen Informationswege im Vorfeld der Kaufentscheidung im Vordergrund der Betrachtungen. Die Fragen innerhalb des dritten Abschnitts (insgesamt 4 Fragen) beziehen sich auf Angaben zur Person. Ziel dabei war es, im Sinne der Fragestellungen des Forschungsprojektes ggf. vorhandene Zusammenhänge zwischen soziographischen Faktoren und Käuferverhalten beim Erwerb von Handmaschinen und Heimwerkergewerkzeugen zu ermitteln (näheres siehe Gebhardt et al. 2008).

3. Ergebnisse

Insgesamt standen nach Abschluss der Untersuchung 1.020 Datensätze für die Auswertung zur Verfügung. Alle Datensätze wurden in Baumärkten in Duisburg, Erftstadt, Grevenbroich, Mülheim, Recklinghausen und Wuppertal (2) bei dortigen Kunden erhoben, die Teilnahme war selbstverständlich freiwillig. Die Befragung erfolgte in Interviewform, dann wenn der Kunde dies bevorzugte, konnte sie/er den Fragebogen auch selbst ausfüllen, in jedem Fall standen Mitarbeiter vor Ort für eventuelle Rückfragen zur Verfügung. Der Anteil der weiblichen Befragten betrug etwa 30%, das Alter wurde in Dekaden abgefragt, wobei die Altersgruppen 40-49, 50-59 und 60-69 Jahre mit jeweils etwa 21% annähernd gleiche Anteile aufwiesen, die Altersgruppen 20-29, 30-39 und 70-79 Jahre mit Anteilen zwischen 10% und 12% vertreten waren und die Altersgruppen bis zu 19 Jahren und 80 Jahre und älter zusammen einen Anteil von etwa 4% aufwiesen

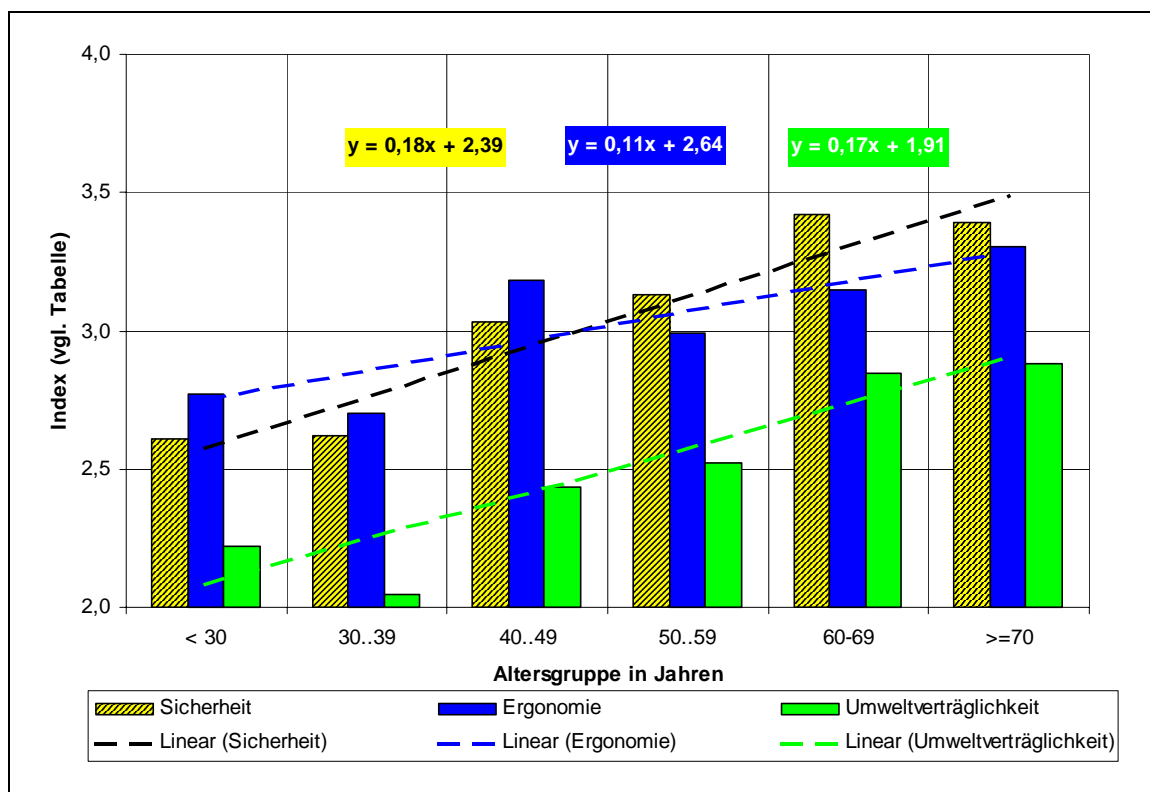


Abbildung 2: Anstieg des Stellenwertes der Faktoren Sicherheit, Ergonomie und Umweltverträglichkeit bei einer konkreten Kaufentscheidung mit dem Lebensalter der Befragten (N=1.020; Index: 1 – überhaupt nicht, 2- wenig, 3- teils/teils, 4 – stark, 5 – sehr stark)

Entsprechend der Ausrichtung des Forschungsprojektes wurde die Frage des

Stellenwertes der Faktoren Sicherheit, Ergonomie und Umweltverträglichkeit gleich in mehreren Fragen mit unterschiedlicher Akzentuierung erörtert. Die Auswertung zeigte durchgängig, dass die Bedeutung dieser Faktoren mit dem Lebensalter zunimmt.

Besonders deutlich zeigte sich dies bei der Frage im Zusammenhang mit einer konkreten Kaufentscheidung. Eine statistische Auswertung nach Geschlecht, Alter und Berufsausbildung des Befragten zeigte deutliche und signifikante Unterschiede in den verschiedenen Altersgruppen (vgl. Abbildung 2). Diese lassen sich im Fall der Faktoren Sicherheit und Umweltverträglichkeit auf dem Niveau $p < 0.001$, im Fall der Ergonomie auf dem Signifikanzniveau $p < 0.01$ absichern (Sicherheit: $\chi^2 = 38,532$, $p < 0.001$; Ergonomie: $\chi^2 = 17,199$, $p < 0.01$; Umweltverträglichkeit: $\chi^2 = 32,416$, $p < 0.001$; $df = 5$).

Auch zeigte sich, dass die Handhabung des Produktes einen höheren Stellenwert erfährt, als dies bei Betrachtung der überdauernden Faktoren zu erwarten wäre. Ebenso konnte festgestellt werden, dass das Achten auf Kennzeichnungen bei älteren Käufergruppen stärker ausgeprägt ist. Demgegenüber zeigte sich beim Verlassen auf Markenprodukte – weitgehend unabhängig von Geschlecht, Alter und Berufsausbildung – eine durchgängig eher geringe Ausprägung in dem betrachteten Produktbereich.

4. Diskussion

Neben den dargestellten Ergebnissen zeigten die Befragungen, dass Sicherheit, Funktionalität und Preis die drei Faktoren darstellen, welche die Baumarktkunden am häufigsten als besonders relevant beim Kauf von Handmaschinen und Heimwerkergeräten betrachten. Ergonomie und Umweltverträglichkeit haben demgegenüber einen mittleren Stellenwert. Das Design der Geräte, Image und innovative Merkmale ebenso wie das Herkunftsland der Produkte spielen beim Produktkauf nach Angaben der Befragten eine eher untergeordnete Rolle. Die größten Abweichungen mit dem Alter wurden beim Stellenwert von Umweltverträglichkeit und Funktionalität festgestellt. Während der Stellenwert der Umweltverträglichkeit bei jüngeren Altersgruppen deutlich geringer ausgeprägt ist, spielt die Funktionalität hier eine größere Rolle. Auch der Stellenwert der Sicherheit nimmt mit dem Alter zu. Die befragten Frauen legen bei ihrer Kaufentscheidung mehr Wert auf Sicherheit, Ergonomie und Umweltverträglichkeit ebenso wie auf das Design, Männer legen größere Akzente auf Funktionalität, Herkunftsland und Image.

5. Literatur

1. Lang, K.-H., Gebhardt, H., Adomeit, C., Wanders, P. & Windberg, H.-J. 2007, Ergebnisse der Marktüberwachung in Deutschland und Europa im Geltungsbereich des GPSG, Technische Überwachung, 48, Nr. 11/12, 38-43.
2. Gebhardt, H., Klußmann, A. & Lang, K.-H. 2008, Käuferverhalten und Sicherheitsbewusstsein unterschiedlicher Altersgruppen bei Migrationsprodukten am Beispiel von Handmaschinen und Heimwerkergeräten, Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Forschung F 2020. Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin.

Resultate einer Studie zur Bewertung ergonomischer Kriterien bei einer Handzahnbürste für Kleinkinder

Thomas STÜDELI

*Faculty of Industrial Design Engineering, Delft University of Technology,
Landbergstraat 15, NL-2628 CE Delft*

Kurzfassung: Im Alter von drei bis sechs Jahren entwickeln Kinder verschiedenste motorische und koordinative Fähigkeiten. Die Ansprüche an ihre Umgebung verändern sich dementsprechend stetig. Erstmals werden koordinativ anspruchsvollere Greifarten und Bewegungsformen erlernt und angewendet. Ergonomische Kriterien und deren gestalterische Umsetzung wurden mittels Bewegungs-simulation mit einem Prototypen einer Handzahnbürste beurteilt. Die Studienresultate zeigen die Greifartengewohnheiten der Drei- bis Sechsjährigen in Abhängigkeit von der jeweiligen Zahnfläche auf.

Schlüsselwörter: Zähneputzen, Kleinkinder, Produktgestaltung, koordinative Entwicklung.

1. Einleitung

Zu Beginn der Entwicklung ihrer neuer Handzahnbürste für Kinder von drei bis sechs Jahren hat sich der Spezialist für Mund und Zahnpflege GABA gefragt, welche spezifischen Ansprüche diese Nutzergruppe an die Zahnbürste hat. Die Ansprüche erscheinen bei Kindern ungleich schwieriger zu definieren als bei Erwachsenen. Kinder entwickeln im Alter von drei bis sechs Jahren die verschiedensten motorischen und koordinativen Fähigkeiten. Der Umgang z. B. mit Mal- oder Schreibstiften und Zahnbürsten wie auch die Ansprüche an diese und ihre Umgebung verändern sich entsprechend stetig. Kinderzeichnungen illustrieren den Entwicklungsprozess und die individuellen Unterschiede deutlich (Thumeyer & Buschmann 2006).

Um eine bessere Entscheidungsgrundlage für die Produktgestaltung zu haben, wurde ein Expertengutachten betreffend spezifischer Nutzeransprüche und ergonomischer Kriterien für die Gestaltung von Handzahnbürsten für Drei- bis Sechsjährige in Auftrag gegeben. Das Expertengutachten (Stüdeli 2005) kam zur Schlussfolgerung, dass die Hauptcharakteristik der Nutzergruppe die noch nicht ausgereifte Motorik ist. Damit verbunden ist auch die noch mangelnde Fähigkeit zur Dosierung der Kräfte (vgl. Menozzi et al. 2001). Aus diesen Gründen soll der Förderung eines entspannten Zähneputzens und der Unterstützung des koordinativen Entwicklungsprozesses höchste Priorität zugemessen werden. Diese Ziele sollen mit einer Reihe von Gestaltungsgrundsätzen erreicht werden. U. a. soll sich der Griff an den anthropometrischen Größen der Kinderhand orientieren, individuelle Ausführungen von Faustgriffen, Daumengriffen und Pinzettengriffen unterstützen, verschiedene Greiforte zulassen und Orientierungs- und Führungshilfen zur Verbesserung der visuellen und taktilen Rückmeldung aufweisen. Zusätzlich wird festgehalten, dass speziell in dieser Altersgruppe, auf pädagogische und motivationale Aspekte wie die Attraktivität des Produktes (Motivation), die Vermittlung und die Kontrolle der korrekten Durchführung der Putzbewegungen und nicht zuletzt auf die Vermittlung der Putztechnik oder -systematik zu achten ist.

Die KAI-Zahnputzsystematik (KAI) wurde in den 70iger Jahren in der Schweiz entwickelt (SSO 2003). Das Akronym KAI steht für die chronologisch Reihenfolge Kauflächen, Außenflächen und Innenflächen. Die 13 Zahnflächen werden in einer klar definierten Abfolge geputzt. Die Systematik hat sich für Kleinkinder als äußerst hilfreiches Instrument herausgestellt. Dies nicht zuletzt, da sie sich gut auf den Reifungsprozess des Kindes abstützt. Begonnen wird mit den einfach zu erreichenden Kauflächen und großzügigen Hin- und Herbewegungen. Die kreisenden Bewegungen auf den Außenflächen sind schon schwieriger. Noch höhere Ansprüche stellen die geforderten kleinen Kreise und Auswischbewegungen auf den Innenflächen dar. Experten stellen fest, dass erst Kinder mit einer flüssigen Schreibschrift auch KAI beherrschen und alleine das gesamte Gebiss reinigen können.

Mit Hilfe der beschriebenen Zielvorgaben und Gestaltungsgrundsätzen erarbeitete die Produktdesignerin mehrere Gestaltungsvorschläge und einen ersten Prototypen der elmex® Kinderzahnbürste (Abbildung 1). Im Auftrag der GABA International AG sollte dieser Prototyp mittels experimenteller Studie beurteilt und die ergonomischen Kriterien überprüft werden. Diese Arbeit stellt nun erste Resultate dieser Studie vor.

2. Material und Methode

Der Prototyp entspricht in Größe, Form und Gewicht dem Endprodukt. Die Oberflächengestaltung weist eine vergleichbare Struktur aber unterschiedliche Materialqualitäten auf (Abbildung 1).



Abbildung 1: Prototyp der elmex® Kinderzahnbürste

Für die Bearbeitung der Fragestellungen wurden folgende Methoden eingesetzt: Befragung der Eltern, experimentelle Studie und Benutzerbefragung. Die Studie fand im Herbst 2005 in drei verschiedenen Kinderkrippen der Stadt Zürich statt. Acht Knaben und 12 Mädchen zwischen drei und sechs Jahren ($4,5 \pm 0,8$ J.) nahmen mit dem Einverständnis der Eltern an der Studie teil. Diese wurden vorgängig schriftlich über die Studie informiert und zu den Zahnputzgewohnheiten ihrer Kinder befragt. Das Studiendesign war wie folgt: In einer Angewöhnungsphase wurde KAI in kleinen Gruppen durch eine ausgebildete Fachperson instruiert und eingeübt. Nach einer Pause wurde jedes Kind einzeln beim Zähneputzen gefilmt. Das Kind stand dabei der Dentalhygienikerin gegenüber, welche die Putzbewegungen an sich vorzeigte und die Ausführung bei den Kindern überwachte. Im Anschluss an die Bewegungssimulation wurde jedes Kind kurz zum Prototypen befragt.

Die Auswertung fand anhand der Videobilder statt. Pro Zahnfläche wurden die Greifarten, Greiforte, Handwechsel und Wechsel des Greifortes erfasst. Eine Zahnfläche wurde als „geputzt“ erfasst, wenn das Kind auf ihr während mindestens 5 Sekunden eine einfache Hin- und Herbewegungen ausführen konnte.

3. Ergebnisse

90% der Kinder konnten mit dem Prototypen die Kauflächen während mindestens 5 Sekunden putzen. Die Außenflächen wurden von rund 70% geputzt, die Innenflächen von 60% und weniger (Abbildung 2).

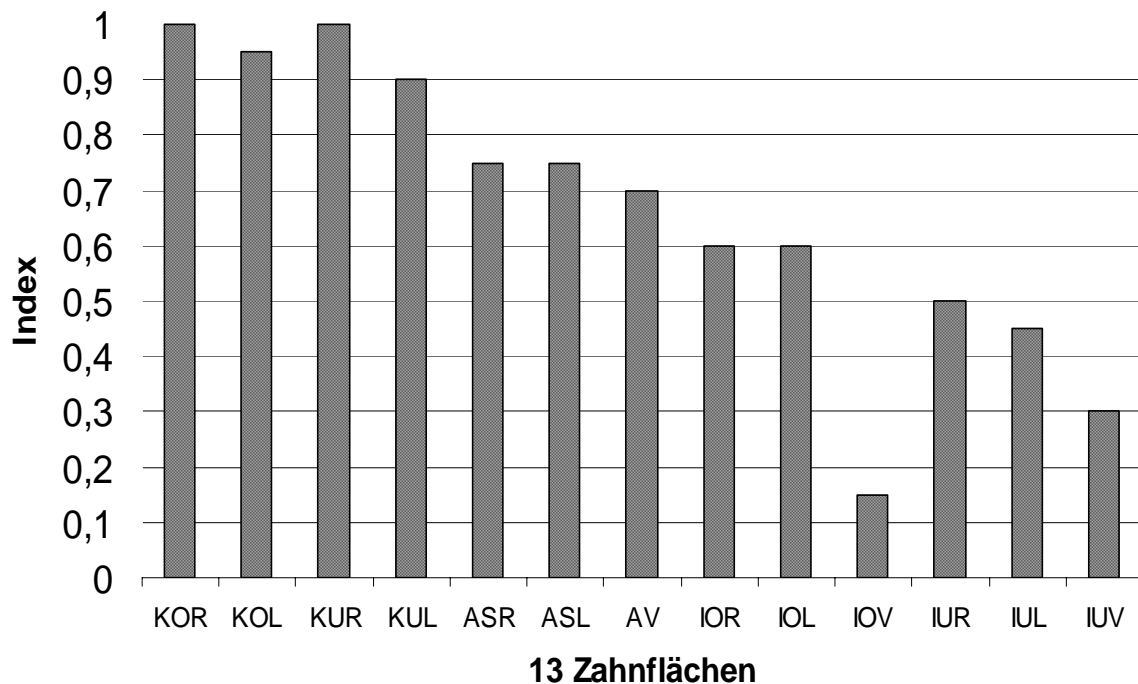


Abbildung 2: Anteil der Kinder ($n=20$) pro Zahnfläche, welche mit dem Bürstenkopf während 5 Sekunden auf der Zahnfläche Hin- und Herbewegungen ausführen konnten (K=Kauflächen, A=Aussenflächen, I=Innenflächen; O=oben, U=unten, S=seitlich, V=vorne; R=rechts, L=links)

100% der Kinder wendeten den Daumen- oder Faustgriff an. Mit diesen Griffen werden 66% der Zahnflächen gereinigt (Abbildung 3). Drei Kinder wendeten nur eine Greifart an, 12 wendeten zwei, vier Kinder drei und eines wendete alle fünf Greifarten an. 50 % der Kinder benutzten immer die gleiche Hand, drei die linke und sieben die rechte. Fünf Kinder benutzten sowohl die rechte und die linke Hand und fünf Kinder putzten zumindest eine Zahnfläche beidhändig. Die Befragung der Kinder ergab, dass die Oberflächenstruktur des Prototyps nur teilweise taktil wahrgenommen wurde.

4. Diskussion

Insgesamt bestätigen die Resultate zu den „geputzten Zahnflächen“ die Erfahrungen aus der Praxis im Umgang mit Handzahnbürsten für Kleinkinder und KAI (u.a. Thumeyer & Buschmann 2006). Die in den Abbildungen 2 & 3 dargestellten Häufigkeiten können als Maß für den allgemeinen Schwierigkeitsgrad des Putzortes bzw. der Greifarten herangezogen werden.

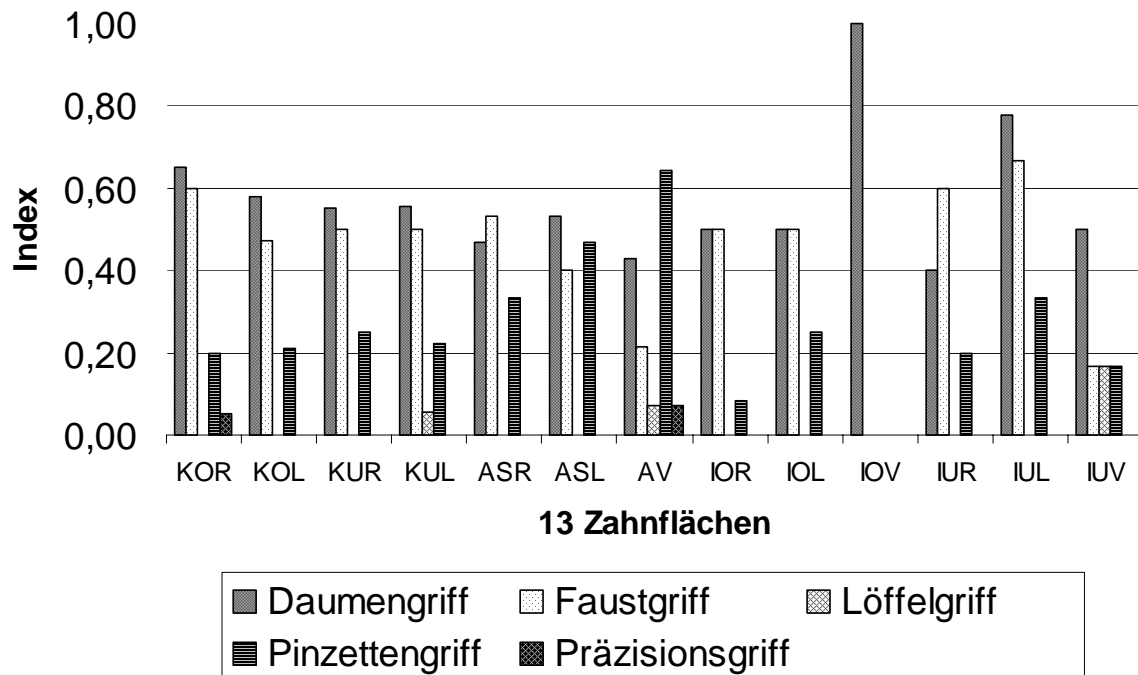


Abbildung 3: Anteil der Kinder (n=20) pro Zahnfläche, welche die fünf Hauptgreifarten beim Zähneputzen (Näpflin et al. 2001) Daumengriff, Faustgriff, Pinzettengriff, Präzisionsgriff und Löffelgriff anwendeten bei der Reinigung der Zahnflächen (K=Kauflächen, A=Aussenflächen, I=Innenflächen; O=oben, U=unten, S=seitlich, V=vorne; R=rechts, L=links).
Pro Zahnfläche und Kind wurden jeweils die zwei bedeutendsten Greifarten erfasst

Die festgestellte vielfältige Nutzung des Prototypen kann dahingehend interpretiert werden, dass dieser dem Lernprozess der Kinder kaum Barrieren entgegenstellt. Die individuellen koordinativen Entwicklungsprozesse werden unterstützt. Der Prototyp erfüllt die wesentlichen ergonomischen Kriterien bzw. Gestaltungsrichtlinien. Durch die fehlende Wahrnehmung der Oberflächenstruktur konnten in dieser Phase der Produktentwicklung allerdings kaum Aussagen betreffend „Orientierungs- und Führungshilfen“ gemacht werden. Diese Erkenntnisse wurden bei der Weiterentwicklung des Produktes entsprechend aufgenommen.

5. Literatur

1. Näpflin, U., Stüdeli, T. & Menozzi, M. 2001, Ergonomie von Kinderzahnbürsten: Griffarten beim Zähneputzen, Online: <http://www.zahnbuerstenergonomie.ethz.ch/text/Griffarten-1.pdf>.
2. Menozzi, M., Näpflin, U., Stüdeli, T., Zeller, Ch. & Staudenmann, D. 2001, Einfaches System für die Motographie beim Kleinkind. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg.), Arbeitsgestaltung Flexibilisierung Kompetenzentwicklung. Dortmund: GfA-Press, 129-132.
3. Schweizerische Zahnärzte-Gesellschaft SSO 2003, Systematik des Zahnebürstens, SSO-Prospekt Nr. 1091.
4. Stüdeli, T. 2005, Bericht „Ergonomische Kriterien für die Gestaltung von Handzahnbürsten für Drei- bis Sechsjährige“ vom 31. Mai 2005, Interner Bericht für GABA International AG.
5. Thumeyer, A. & Buschmann C. 2006, Effektive Mundhygiene im Kindergartenalter – ein unreflektiertes Zieldogma!, Zahnärztliche Mitteilungen, 96, Heft 19, 66-69.

Das Head-Up Display im Fahrzeug – Potenzial zukünftiger Nutzung

Natasa MILICIC¹, Markus ABLAßMEIER² und Klaus BENGLER¹

¹ *BMW Forschung und Technik, Connected Drive – HMI,
Hanauerstr. 46, D-80992 München*

² *Lehrstuhl Mensch-Maschine-Kommunikation, TU München,
Arcisstr. 21, D-80333 München*

Kurzfassung: Die Interaktion mit Menüstrukturen im Head-Up Display (HUD) mit der in Head-Down Displays (HDD) während der Fahrt experimentell verglichen. Ziel der Untersuchung ist die Erfassung der dabei entstehenden kognitiven Beanspruchung sowie das Aufzeigen spezifischer Vor- bzw. Nachteile einer Interaktion im HUD.

Schlüsselwörter: Head-Up Display, kognitive Beanspruchung, Menüstrukturen.

1. Einsatz von HUD im Automobil

Während das HUD im Flugzeug schon seit geraumer Zeit eingesetzt wird, werden die Vorteile von Head-Up Displays (HUD) in Fahrzeugen seit den 80-er im automobilen Kontext ausgeschöpft.

Die Vorteile dieser innovativen Anzeigetechnologie – vor allem die erleichterte Aufnahme fahrrelevanter Informationen – wurden sehr intensiv erforscht (Bubb 1975). Dabei stand stets die ausschließliche Nutzung für Informationen bezüglich der primären Fahraufgabe im Vordergrund (Bubb & Bolte 1992). Die Nutzung des HUDs für Interaktionen ist dagegen ein noch weitgehend unerforschtes Gebiet.

Durch die geringere Blickabwendung vom Straßengeschehen tragen HUDs zur Verkehrssicherheit bei. Mehrere Studien (Kiefer 1998; Kiefer 2000; Horrey & Wickens 2002) zeigten, dass der Ablesevorgang gegenüber Anzeigen innerhalb des Fahrzeugs (HDD) kürzer ist. Weiterhin offenbarten sich im Vergleich HUD vs. HDD bei reiner Präsentation von Informationen keine negativen Einflüsse auf das Fahrverhalten durch das HUD (Horrey & Wickens 2002).

Die reduzierte Blickabwendung geht jedoch mit dem potenziellen Risiko einer unbewussten Ablenkung des Fahrers vom Fahrgeschehen einher. Dieser Effekt wird als „Cognitive Capture“ bezeichnet und wird unter anderem in Untersuchungen von Gish & Staplin (1995) als das Hauptproblem im Zusammenhang mit dem HUD genannt. Durch geeignete Darstellung der angezeigten Inhalte kann der Effekt vermieden werden.

Nahezu alle Fahrzeughersteller entwickelten in den letzten Jahren Menüstrukturen, um die Benutzung von Infotainmentfunktionen (Navigation, Radio etc.) besser ins Fahrzeug integrieren zu können. Diese werden häufig in zentralen Displays (Central Information Display, CID) z.B. in der Mittelkonsole dargestellt, jedoch nicht im HUD, in dem nur ausgewählte Anzeigen zu finden sind. Wird die Interaktion mit einem Menü ins HUD verlagert, muss geprüft werden, ob die zwangsläufig größere Informationsmenge und die Interaktion sicherheitskritische Beanspruchungen beim Fahrer verursachen können.

2. Methodisches Vorgehen

Im Rahmen der Kooperation Car@TUM wird die kognitive Ablenkung während der Menübedienung im HUD und der Zusammenhang zwischen Ablenkung und angezeigter Informationsmenge erforscht. Zur Untersuchung dieser Fragestellung wurde ein Fahrsimulationsexperiment konzipiert, in dem 28 Fahrer (17 m / 11 w) aus drei Altersgruppen (19-63 Jahre, \bar{A} 41.25) unterschiedliche Zweitaufgaben während einer 90-minütigen Fahrt im Fahrsimulator am Lehrstuhl für Mensch-Maschine-Kommunikation der TU München durchführten. Als Fahraufgabe diente der Lane Change Task (Mattes 2003). Mit Hilfe einer Peripheral Detection Task (PDT) soll das Ablenkungspotenzial von Zweitaufgaben während der Fahrt gemessen werden. Deren Sensitivität wurde bereits von Martens & van Winsum (2002) und Rösler (2003) im Simulator wie auch im Feld bestätigt. Zusätzlich zur primären Fahraufgabe und Zweitaufgabe (Ablesen der Anzeigen im HUD) war von den Versuchspersonen eine PDT zu bearbeiten. Rote Kreise mit einem Durchmesser von $0,7^\circ$ des Seh winkels wurden im gesamten Sichtfeld des Fahrers zwei Sekunden lang eingeblendet. In dieser Zeitspanne mussten die Reize erkannt und bestätigt werden. Das Interstimulusintervall variierte gleichverteilt zwischen drei und sechs Sekunden. Die PDT-Leistung der Versuchspersonen wurde mit Hilfe der Reaktionszeit und der Hitrate (d.h. Prozentanzahl erkannter Punkte) gemessen. Die Zeitverzögerung bzw. das Ausbleiben der Bestätigung dient als Maß für die kognitive und visuelle Beanspruchung. Ferner kam ein Blickbewegungs-Messsystem zum Einsatz, mit dessen Hilfe Blickdauer und -anzahl auf die definierten Bereiche HUD und CID aufgezeichnet wurden. Um die Interaktion mit Informationen untersuchen zu können, wurde für das HUD ein einfaches Menü entwickelt. Es wurde 10° rechts vom fovealen Blickfeld positioniert. (Abb. 1).



Abbildung 1: LCT-Fahraufgabe, HUD und PDT-Punkte (fünf Positionen im Bereich von 0° und $\pm 23^\circ$ des Sehfeldes)

Im CID wurde dasselbe Menü verwendet, um die Vergleichbarkeit der beiden Anzeigeorte zu gewährleisten. Die Interaktion erfolgte in beiden Fällen durch eine Kreuzwippe am Lenkrad. Im ersten Experiment lag der Fokus auf dem Vergleich der Leistung in der Menübedienung in den zwei Anzeigeorten (HUD und CID). Sechs Aufgaben aus den meist genutzten Funktionen im Fahrzeug (Werteinstellungen, Auswahl aus Listen und Zieleingaben) waren in drei Schwierigkeitsstufen zu bearbeiten.

Der zweite Experimentteil galt der Untersuchung des Einflusses von eingeblendeten HUD-Anzeigen auf die primäre Fahrleistung. Den Probanden wurden vier HUD-Abbildungen mit voller Anzeigemenge (durchschnittlich 14 Icons) sowie vier mit we-

niger Inhalt (durchschnittlich 6,2 Icons) für jeweils 40 Sekunden eingeblendet, aus den sie wiederholt Informationen ablesen mussten.

Die in den ersten beiden Experimenten erfassten Variablen sind in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1: Erhobene Variablen

Versuchsteil	Unabhängige Variable	abhängige Variablen
Abschnitt 1: Interaktion im HUD und CID	Anzeigeort (HUD, CID)	Bediendauer; Bedienschritte; laterale Spurabweichung Blickanzahl; Einzelblickdauer; Gesamt- blickdauer
Abschnitt 2: Anzei- gemenge	Anzeigemenge (keine/mittel/voll)	Anzahl PDT-Punkte; Reaktionszeit Spurabweichung

Für den ersten Abschnitt erhielten die Versuchspersonen nach dem Ausfüllen eines Fragebogens eine Einführung in das Anzeige- und Bedienkonzept im Stand und mussten anschließend eine Baseline-Fahrt absolvieren. In den folgenden zwei Versuchsfahrten wurden sechs Aufgaben gestellt, die abwechselnd im HUD bzw. CID durchgeführt werden mussten; Mit Hilfe eines Fragebogens (u.a. semantisches Differential) wurden die Anzeigeorte auf Akzeptanz und Gesamteindruck überprüft und abschließend u.a. die präferierte Variante abgefragt. Im zweiten Abschnitt führten die Probanden den LCT durch und bestätigten die PDT- Punkte. Hier wurden nach einer Baseline-Fahrt HUD-Abbildungen mit wenigen und vielen grafischen Elementen eingeblendet, die abgelesen werden sollten.

3. Ergebnisse

3.1 Experiment 1

Die gestellten Aufgaben konnten im HUD signifikant schneller gelöst werden. Vor allem bei kognitiv beanspruchenden Aufgaben war dieser Unterschied am deutlichsten. Dieser zeigte sich tendenziell in allen drei Aufgabenkategorien (Abb. 2) und wird für Aufgaben mittleren und hohen Schwierigkeitsgrades signifikant ($p < 0,046$) und ($p < 0,011$).

Der größte durchschnittliche Vorteil von vier Sekunden zeigte sich bei kognitiv schwierigen Aufgaben. Für Letztere brauchten die Versuchspersonen im HUD signifikant weniger Bedienschritte, was auf einen geringeren Aufwand und reduzierte Fehleranzahl hinweist (Abb.3).

In der Spurhaltung (MDEV Wert im LCT) konnte kein Unterschied zwischen den beiden Anzeigeorten festgestellt werden. Die Qualität der Spurhaltung stieg mit der Schwierigkeit der Aufgabe, die Unterschiede zwischen HUD und CID wurden nicht signifikant. Bei schweren Aufgaben blickten die Fahrer seltener, aber dafür länger auf das HUD – ein Grund für die schnellere Bearbeitung in dieser Versuchsbedingung. Subjektiv bevorzugten nahezu alle Versuchspersonen das HUD.

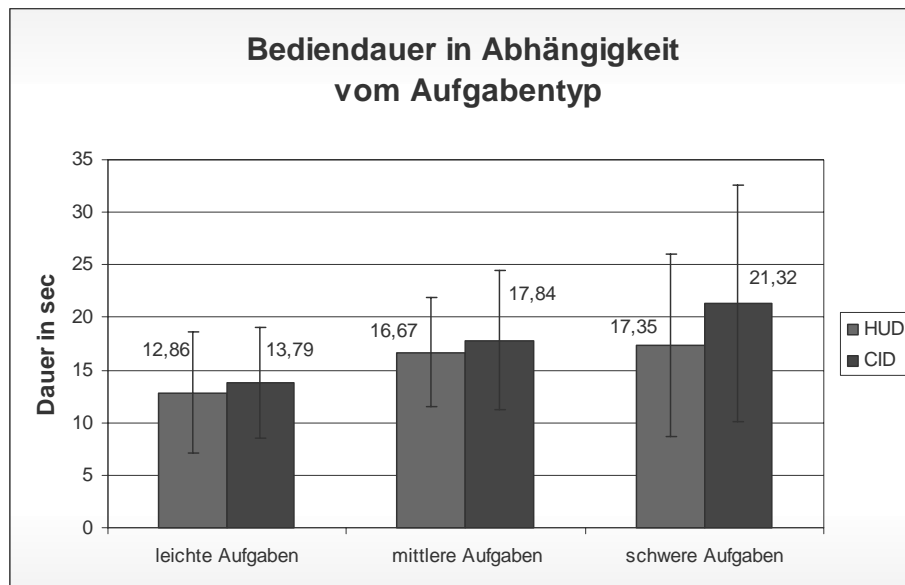


Abbildung 2: Bediendauer abhängig von der Aufgabenschwierigkeit

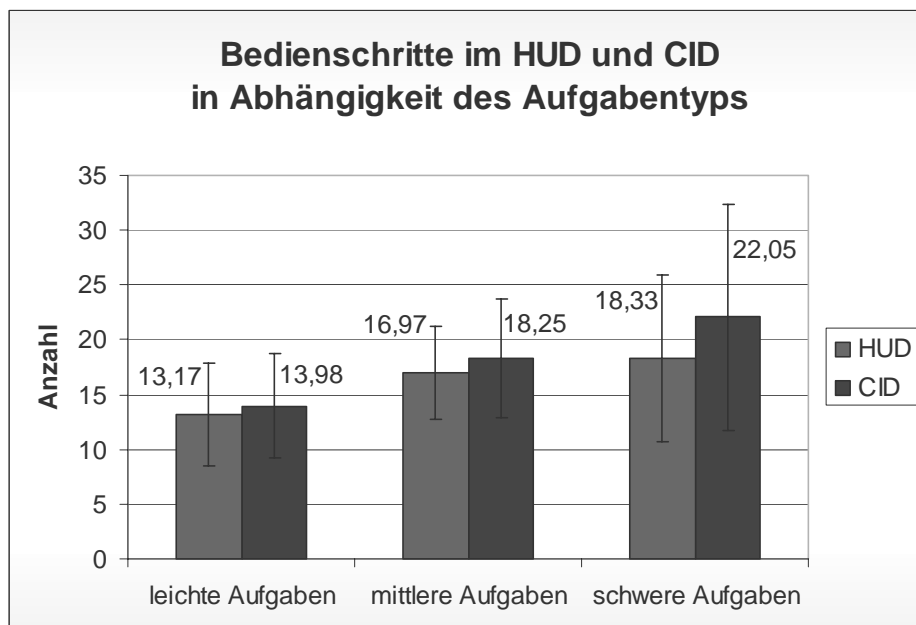


Abbildung 3: Anzahl der Bedienschritte abhängig von Aufgabenschwierigkeit

3.2 Experiment 2

Die Anzahl der nicht erkannten PDT-Punkte steigt mit dem Alter Reaktionszeit und Spurabweichung zeigen keinen signifikanten Unterschied zwischen den Versuchsbedingungen. Selbst bei über 50-jährigen konnte kein Ansatz zu „Perceptual Tunneling“ festgestellt werden. Damit können die Ergebnisse von Recarte und Nunes (2000, 2003) bestätigt werden. Die kognitive Beanspruchung zeigt sich in der Verschlechterung der PDT-Performance, aber es zeigt sich keine Beeinträchtigung der visuellen Wahrnehmung abhängig von der Darbietungsposition. Bei der kognitiven Belastung durch Darstellungen im HUD konnte kein Unterschied zwischen den einblendeten Informationsmengen gemessen werden – selbst bei zahlreichen Anzei-

gen zeigte sich kein Einfluss auf die Anzahl übersehener PDT-Reize, die Reaktionszeit oder die Güte der Spurhaltung.

4. Zusammenfassung

Durch die vorliegende Untersuchung konnte das Potenzial des Head-Up Displays auch für Interaktionen und Menüstrukturen gezeigt werden. Dies zeigt sich sowohl in der hohen Präferenz der Probanden als auch objektiv in schnellerer Aufgabenbearbeitung. Negative kognitive Seiteneffekte konnten in dieser Untersuchung nicht nachgewiesen werden.

5. Literatur

1. Bubb, H. 1975, Untersuchung über die Anzeige des Bremsweges im Fahrzeug, Dissertation. München: TU München.
2. Bubb, H. & Bolte, U. 1992, Head-Up Display im Kraftfahrzeug – eine Literaturrecherche. Eichstätt: Katholische Universität Eichstätt.
3. Gish, K.W. & Staplin, L. 1995, Human Factors Aspects of Using Head Up Displays in Automobiles: A Review of the Literature, Report No. DOT HS 808 320. Washington: U.S. Department of Transportation.
4. Horrey, W.J. & Wickens, C.D. 2002, Driving and Side Task Performance: The Effects of Display Clutter, Separation, and Modality, Report AHFD-02-13/GM-02-2. Illinois: University of Illinois, Aviation Human Factors Division.
5. Kiefer, R.J. 2000, Older Drivers' Pedestrian Detection Times Surrounding Head-Up Versus Head-Down Speedometer Glances. In: A.G. Gale, I.D. Brown, C.M. Haslegrave & S.P. Taylor (Eds.), Vision in Vehicles - VII. Amsterdam: Elsevier, 111-118.
6. Kiefer, R.J. 1998, Defining the "HUD Benefit Time Window". In: A.G. Gale, I.D. Brown, C.M. Haslegrave & S.P. Taylor (Eds.), Vision in Vehicles - VI. Amsterdam: Elsevier, 133-142.
7. Martens, M.H. & van Winsum, W. 2000, Measuring distraction: The Peripheral Detection Task. Netherlands: TNO Human Factors.
8. Mattes, S. 2003, The Lane Change Task as a Tool for driver Distraction Evaluation. In: H. Stras-ser, H. Rausch & H. Bubb (Eds.), Quality of Work and Products in Enterprises of the Future. Stuttgart: Ergonomia, 57-60.
9. Recarte, M.A. & Nunes, L.M. 2000, Effects of verbal and spatialimagery task on eye fixations while driving, Journal of Experimental Psychology, 6, 31–43.
10. Recarte, M.A. & Nunes, L.M. 2003, Mental Workload While Driving: Effects on Visual Search, Discrimination, and Decision Making, Journal of Experimental Psychology, 9, 119–137.
11. Rösler, D. 2003, Evaluation der Okklusionsmethode und der Peripheral Detection Task, unveröffentlichte Diplomarbeit. Chemnitz: Technische Universität Chemnitz.

Ergonomische Bewertung eines Night Vision Systems mit Fußgängermarkierung im Head-up-Display

Klaus FUCHS¹, Bettina ABENDROTH¹, Ralph BRUDER¹
und Bettina LEUCHTENBERG²

¹ *Institut für Arbeitswissenschaft, Technische Universität Darmstadt,
Petersenstraße 30, D-64287 Darmstadt*

² *Continental, Geschäftsbereich Interior, VDO-Straße 1, D-64832 Babenhausen*

Kurzfassung: Unfälle mit Personenschäden haben auf Landstraßen in der Dunkelheit einen überproportionalen Anteil. Das untersuchte System möchte einen Beitrag dazu leisten, dass Autofahrer Fußgänger früher wahrnehmen können. Mittels Blickbewegungsanalysen wurden unterschiedlich gestaltete Fußgängermarkierungen eines Night-Vision-Systems in einem Kraftfahrzeug mit Head-up-Display (HUD) hinsichtlich ihrer ergonomischen Eignung und ihres ergonomischen Nutzens untersucht. Es wurden alle Systeme im Feld (öffentlicher Straßenverkehr) sowie kontrollierten Feld (Testgelände) miteinander verglichen. Dabei konnten abhängig von der Untersuchungsumgebung und dem Fahrauftrag unterschiedliche Ergebnisse bezüglich der Zeitpunkte der Wahrnehmung der Fußgänger durch die Fahrer festgestellt werden. Insgesamt zeigen die Ergebnisse, dass mit Hilfe von Nachtsichtsystemen Personen bei Dunkelheit früher wahrgenommen werden können. Eine zusätzliche Markierung von Fußgängern verbessert die Wahrnehmung des Fahrers deutlich.

Schlüsselwörter: Night Vision, Fahrerassistenzsysteme, Blickbewegungsanalyse, Unfallvermeidung.

1. Einleitung

88% der auf Landstraßen getöteten Fußgänger kommen bei Dunkelheit ums Leben (Hülßen 2003). Um diese Zahlen trotz steigendem Verkehrsaufkommen zu senken wurde von Continental ein Nachtsichtsystem mit Fußgängermarkierung auf der Basis eines Ferninfrarot-Night-Vision-Systems entwickelt. Dieses wurde in ein Versuchsfahrzeug mit einem Head-up-Display integriert. Mit dem Versuchsträger können unterschiedliche Varianten der Fußgängermarkierung dargestellt werden. Die neuen Darstellungskonzepte des Nachtsichtsystems mit Fußgängermarkierung sollen hinsichtlich ihres Nutzens und ihrer potentieller Gefahren analysiert werden.

2. Versuchsmethodik

Zur Überprüfung der unterschiedlichen Gestaltungsvarianten des Night-Vision Systems mit Fußgängermarkierung wurde vom Institut für Arbeitswissenschaft (IAD) der TU Darmstadt eine Methodik zur Durchführung von Versuchen im Feld und im kontrollierten Feld entwickelt. Drei Systemausführungen wurden in der Untersuchung mit zwei Baselines verglichen. Hierbei wurde besonders auf die Aufmerksamkeitsverteilung des Fahrers geachtet. Als Baselines dienten Fahrtabschnitte mit Fußgängere-

vents ohne Nachtsichtsystem-Unterstützung und Fahrtabschnitte mit einem herkömmlichen Nachtsichtsystem ohne Fußgängermarkierung, drei Darstellungsvarianten mit Fußgängermarkierungen wurden hinsichtlich des Nutzens für die Fahrer bewertet und mit den Baselines verglichen. Die Continental stellte für die Untersuchungen einen Versuchsträger des Typs BMW E60 zur Verfügung, in dem sich hinsichtlich des Abstraktionsgrads und der Zeitdauer der Informationspräsentation unterscheidende Darstellungsarten der Fußgängermarkierung variiert wurden. Das Fahrzeug war mit lichtstarken Xenon-Scheinwerfern ausgestattet, um in der realen Umgebung die besten Sichtbedingungen auf die Fußgänger zu ermöglichen.

2.1 Experimentelles Design

Um das Night-Vision-System mit Fußgängermarkierung sowohl unter realen Fahrbedingungen zu untersuchen als auch reproduzierbare Fußgängersituationen zum Vergleich der unterschiedlichen Systemvarianten zu erhalten, wurden die Versuche im Feld (Überlandstrecke) und im kontrollierten Feld (Testgelände der TU Darmstadt) durchgeführt. Die Fahrer hatten im Feld den Auftrag, die vorgegebene Strecke nach ihrer Gewohnheit unter Berücksichtigung der STVO zu fahren. Die Strecke führte an acht eigens für diesen Versuch platzierten Fußgängern vorbei. Im Anschluss wurden die Systemvarianten nochmals im kontrollierten Feld verglichen. Hier lautete der Fahrauftrag, die Geschwindigkeit auf 30 km/h zu reduzieren, sobald sie einen Fußgänger wahrnahmen. Um Aussagen über den Einfluss des Fahreralters auf die Ergebnisse treffen zu können, wurden die Versuche mit 37 Probanden in zwei Altersklassen (25-40 Jahre und 50-65 Jahre) vorgenommen. Gendereffekte konnten durch die gleichmäßig mit Fahrerinnen und Fahrern besetzten Alterskollektive untersucht werden. Die Gesamtdauer des Versuchs betrug 120 Min.

2.2 Messmethodik

Die Blickbewegungsanalyse stellt ein wichtiges Instrument zur Bewertung von unterschiedlichen Systemvarianten der Fußgängermarkierung dar, da sie im Vergleich zu Beobachtungs- und Befragungsmethoden ein zeitlich und örtlich detaillierteres Protokoll darüber liefert, welche Informationen selektiert und in welcher Reihenfolge die Informationen betrachtet wurden (Rötting 2001). Blickbewegungen sind dabei die Bewegungen des Auges, die in Verbindung mit den vom Auge aufgenommenen Informationen interpretiert werden (Seifert et al. 2001). Die vom Fahrer selektierten Informationen wurden mit einem modifizierten helmbasierenden Blickbewegungssystem der Firma SMI mit einer Auflösung von $0,5^\circ - 1,0^\circ$ in einem Messbereich von $\pm 30^\circ$ horizontal sowie $\pm 25^\circ$ vertikal aufgezeichnet und anschließend manuell analysiert. Neben den Blickbewegungsdaten wurden unter anderem Fahrzeuggeschwindigkeit, Lenkradwinkel, Bremsdruck und die Mimik des Fahrers aufgezeichnet und ausgewertet, sowie Fragebögen zur Erhebung der subjektiven Daten eingesetzt.

3. Ergebnisse

In der Studie wurde die visuelle Ablenkung durch den Anteil der kumulierten Fixationsdauern, die maximalen Fixationsdauern, und die Fixationshäufigkeiten über die Fahrtdauer verglichen. Die Untersuchungen zeigten, dass die Art der Darstellung eines Fußgängers im HUD einen großen Einfluss auf die prozentuale Häufigkeit hat,

mit der der Fußgänger vom Fahrer wahrgenommen wird (siehe Abbildung 1). Die Fußgängermarkierung in System B wies in dieser Versuchsreihe eine 100% Erkennungsrate von Fußgängern auf.

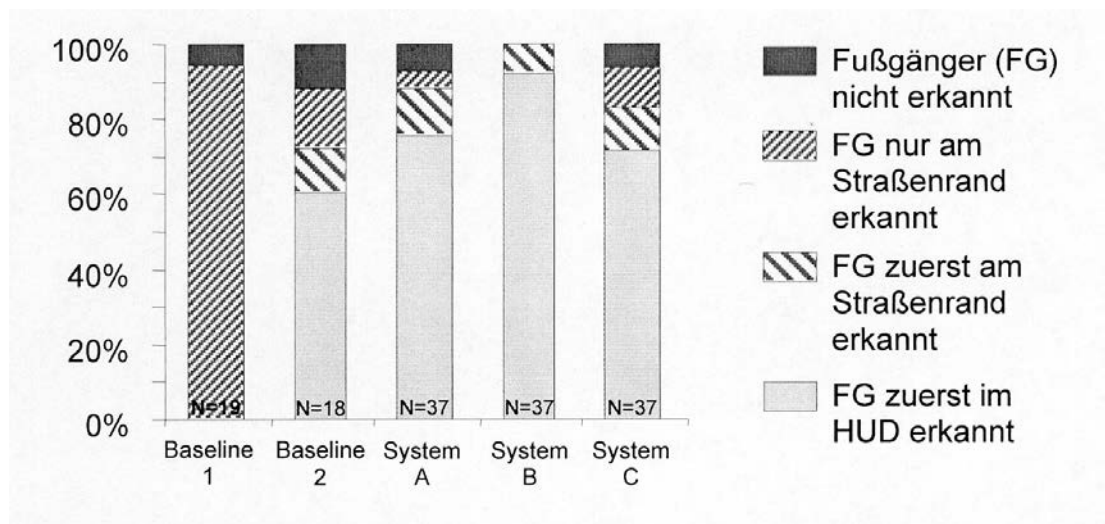


Abbildung 1: Prozentuale Häufigkeit der erkannten Fußgänger im Feldversuch in Abhängigkeit vom Ort der Informationsaufnahme

Die Erkennungsdauer T_e wird durch den zeitlichen Abstand zwischen der ersten Fixation des Fußgängers und dem Zeitpunkt der Vorbeifahrt an jenem Fußgänger definiert und ist somit ein Maß dafür, wie lange ein Fahrer Zeit hat, angemessen auf einen Fußgänger am Straßenrand zu reagieren. Die Mediane dieser Erkennungsdauern sind in Abbildung 2 dargestellt.

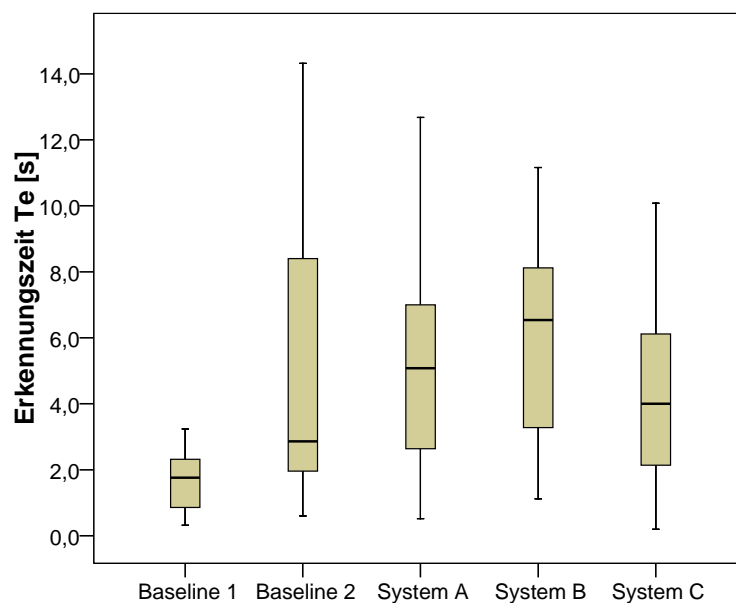


Abbildung 2: Erkennungsdauer T_e : Zeitdifferenz zwischen der ersten Fixation des Fußgängers und des Passierens des Fußgängers

Des Weiteren wurde eine Reaktionszeit T_1 definiert als der zeitliche Abstand zwischen dem Erscheinen der Fußgängermarkierung und der ersten Fixation dieser Markierung im HUD. Abbildung 3 zeigt, dass die Probanden dieser Studie auf die

Fußgängermarkierungen des Systems B im Vergleich zu den Systemen A oder C signifikant früher schauen. System B wurde subjektiv als am wenigsten ablenkend eingestuft. System B zeichnete sich unter Anderem durch eine temporäre Darstellung der aufbereiteten Informationen aus.

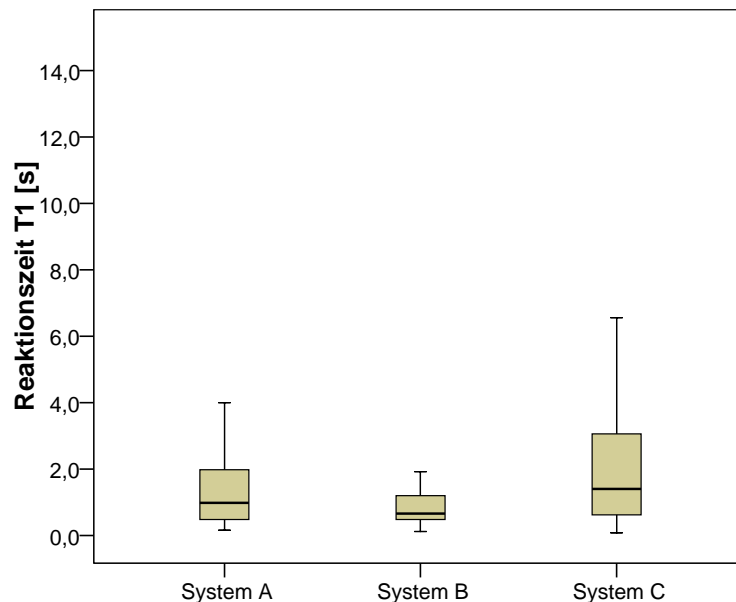


Abbildung 3: Reaktionszeit T1: Zeitdifferenz zwischen dem Erscheinen der Fußgängerwarnung und der ersten Fixation auf das Head-Up-Display

Im Hinblick auf die Fahrsicherheit wurden bei diesem Feldversuch keine signifikanten Geschwindigkeitsänderungen festgestellt. Tendenziell reduzierte sich die Durchschnittsgeschwindigkeit durch die Nutzung der Nachtsichtsysteme mit HUD Darstellung sowohl im Feld als auch im kontrollierten Feld leicht. Auch konnte bei den Fahrern keine signifikante Reduktion der Fixationsdauer oder -häufigkeit auf die Fahrbahn festgestellt werden.

4. Fazit

Die Ergebnisse zeigen, dass alle untersuchten Systemausführungen des Night-Vision-Systems mit Fußgängermarkierung den beiden Baselines signifikant überlegen sind. Durch das frühere Wahrnehmen der Fußgänger wird ein Beitrag zur Erhöhung der Verkehrssicherheit geleistet.

5. Literatur

1. Hülßen, H. 2003, Unfallgeschehen mit Fußgängern bei Nacht. In: Deutscher Verkehrssicherheitsrat e.V. (Hrsg.), Unfälle in der Dunkelheit. St. Augustin: Deutscher Verkehrssicherheitsrat e.V., 14-17.
2. Rötting, M. 2001, Parametersystematik der Augen- und Blickbewegungen für arbeitswissenschaftliche Untersuchungen. Aachen: Shaker.
3. Seifert, K., Rötting, M. & Jung, R. 2001, Registrierung von Blickbewegungen im Kraftfahrzeug. In: T. Jürgensohn & K.P. Timpe (Hrsg.), Kraftfahrzeugführung. Berlin: Springer, 207-228.

Methode zur kontaktanalogen Visualisierung von Fahrerassistenzinformationen unter automotive-tauglichen Gesichtspunkten

Ulrich BERGMEIER

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

Kurzfassung: Der Fokus dieser Arbeit liegt auf der Entwicklung und Validierung einer neuartigen Methode zur kontaktanalogen Visualisierung virtueller dreidimensionaler Fahrerassistenzinformationen in mittleren und großen Entfernungen (10m - 300m) unter Verwendung der konventionellen Head-Up Display Technologie. Das Funktionsprinzip der Methode besteht darin, bei einem binokularen Head-Up Display die Disparitätsdominanz durch eine sehr große Abbildungsentfernung soweit zu minimieren, dass dem Fahrer lediglich durch monokulare Tiefenkriterien ein dreidimensionaler Entfernungseindruck suggeriert werden kann. Die Methode wurde im Rahmen von Probandenversuchen (25 VP) in einem statischen Versuchsaufbau verifiziert. Die Ergebnisse zeigen, dass dieser gewünschte Effekt ab einer Bildweite von ca. 50m eintritt.

Schlüsselwörter: Head-Up Display, Disparitätsminimierung, Kontaktanalogie, Augmented Reality.

1. Einleitung

Mit der zunehmenden Anzahl und Komplexität proprietärer Fahrerassistenzsysteme steigt für den Fahrer zwangsläufig der Informationsverarbeitungsaufwand. Aufgrund dessen bedarf es neuer Anzeigetechnologien im Kraftfahrzeug, die über ein hohes Maß an Intuitivität sowohl eine möglichst effektive und effiziente Aufnahme als auch Verarbeitung von Fahrerassistenzinformationen gewährleisten. Augmented Reality ist eine solche innovative Anzeigetechnologie, bei der virtuelle Informationen mit der Realität verschmelzen und somit der Dekodieraufwand für nahezu jede visuelle Fahrerassistenzinformation auf ein Minimum reduziert wird. Visionäre Szenarien sind das kontaktanaloge Visualisieren von teilautonomen Fahrzeugzustandsinformationen, in der realen Entfernung einmündende virtuelle Navigationshinweise oder das direkte Markieren von Fußgängern, Tieren oder anderen sicherheitskritischen Objekten in der realen Wahrnehmungsentfernung bei schlechten Witterungsverhältnissen. Bisherige AR-Systeme, die den räumlichen Eindruck primär über die Stereoskopie erzielen, können unter automotive-tauglichen Gesichtspunkten nicht bestehen. Das Problem ist in erster Linie, dass diese technischen Lösungen kopfbasiert sind, ein Head-Tracking-System benötigen und ein großes Bauvolumen in Anspruch nehmen. Am Lehrstuhl für Ergonomie wurde deshalb eine Methode entwickelt, die dem Fahrer berührungslos, ohne Head-Tracking und mit den gleichen technischen Komponenten eines konventionellen Head-Up Displays (Bildquelle, Optik und Kombiner) unter partieller Ausnutzung menschlicher Tiefenwahrnehmung einen dreidimensionalen Tiefeindruck im Mittel- und Fernbereich suggeriert.

2. Methode zur kontaktanalogen Visualisierung

Monokulare Tiefenkriterien wie beispielsweise die „relative Lage zum Horizont“ oder die „relative Größe“ wirken in jeder Entfernung. Okulomotorische Tiefenkriterien (Akkommodation, Konvergenz) haben hingegen einen konkreten maximalen Entfernungsbereich, bis zu dem sie wirksam sind. Bei der Disparität, dem dominantesten binokularen Tiefenkriterium, weichen die Meinungen stark von einander ab. So gibt Gregory (2001) an, dass Menschen ab einer Entfernung von 100m rein einäugig sehen. Palmer (1999) hingegen nennt 30m als Umschlagpunkt, während Goldstein (2001), Mallot (1998) und Hauske (1994) behaupten, dass Tiefenunterschiede allgemein bis zu einem Winkelunterschied von wenigen Winkelsekunden wahrnehmbar seien. Demnach würde die Disparität immer wirken und mit zunehmender Entfernung lediglich minimiert werden können. Bisherige binokulare technische Lösungen basieren auf der Stereoskopie. Hierbei wird die Disparität der virtuellen Objekte bestmöglich der Realität nachgeahmt. Besonders im Nahbereich ist die Information der Disparität unerlässlich. Jedoch ist für den Anwendungsfall der kontaktanalogen Visualisierung von FAS-Informationen primär der Mittel- und Fernbereich von Interesse. In diesen Entfernungen ist die Information der Disparität nicht mehr unentbehrlich. Konträr zu den bisherigen technischen Lösungen besteht die Grundidee der Methode deshalb darin, die Entfernungsinformation der Disparität durch eine sehr große Bildweite so stark zu minimieren, dass vom Gehirn zur Entfernungsschätzung lediglich die nun dominanten monokularen Tiefenkriterien herangezogen werden. Somit können dem Fahrer bei einer konstanten Bildweite durch Veränderung der relativen Größe oder der relativen Lage eines virtuellen Objektes größere aber auch nähere Objektentfernungen suggeriert werden (Abbildung 1). Auch der Einfluss der Bewegungsparallaxe ist in Anbetracht der im Fahrzeug herrschenden Rahmenbedingungen gering, da der Fahrer seine Kopfposition entlang der y-Achse lediglich um ca. $\pm 15\text{cm}$ verändert, was relativ zu einer großen Bildweite vernachlässigbar gering ist. Somit ist weder eine Kalibrierung des Systems noch ein kontinuierliches Erfassen der Kopfposition notwendig.

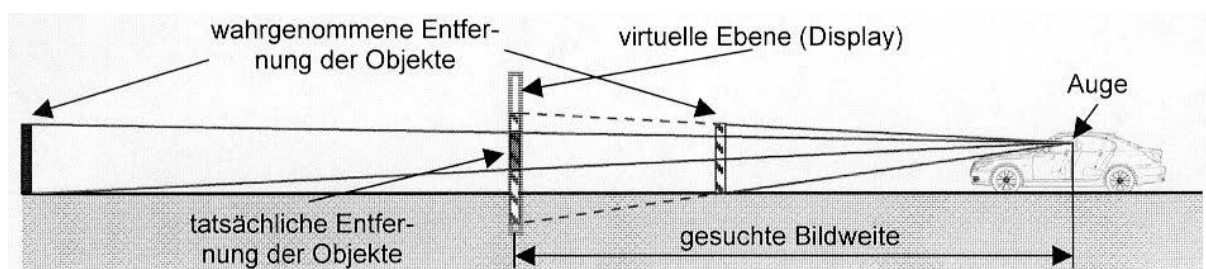


Abbildung 1: Methode zur kontaktanalogen Visualisierung

3. Versuchsdesign

Die Versuche werden in einem 100m langen Lichtkanal mit 25 Versuchspersonen durchgeführt. Es wird ein Mock-Up verwendet, das über ein binokulares Head-Up Display mit planem Kombiner verfügt. Über eine Verstelleinheit kann eine variable Anpassung der Bildweite auf 3m, 5m, 10m, 15m, 20m, 30m, 40m, 50m, 60m und 100m vorgenommen werden. Für jede dieser Entfernungen wird ein 2m großes Verkehrsschild auf fünf unterschiedliche Wahrnehmungsentfernungen (10m, 20m, 40m, 60m und 80m) kalibriert. Dies erfolgt über die Anpassung der monokularen Tiefenkri-

terien des Verkehrsschildes. Jeder Proband muss sowohl monokular (Verwendung einer Augenklappe) als auch binokular die wahrgenommene Objektentfernung schätzen. Hierfür dirigiert der Proband eine Hilfsperson entlang des Lichtkanals, bis diese sich seiner Meinung nach in der gleichen wahrgenommenen Entfernung befindet wie das eingblendete Symbol. Anschließend protokolliert der Helfer die gemessene Distanz. Im Weiteren wird über eine sechsstufige gewichtete Bewertung der Bewegungspalaxeneinfluss und die Güte der Entfernungsschätzung ermittelt.

4. Ergebnisse

Abbildung 2 zeigt die objektiven Ergebnisse der Entfernungsschätzung. Für jede der untersuchten Bildweiten (Ebene 3m – Ebene 100m) ist ein Diagramm dargestellt. Auf der x-Achse ist jeweils die über monokulare Tiefenkriterien kalibrierte Entfernung der dargestellten Objekte aufgetragen, während auf der y-Achse die im Rahmen der Probandenversuche ermittelten Schätzwerte der wahrgenommenen Entfernungen angetragen sind. Die Kurve 1 stellt eine Referenzlinie dar, die aus einer perfekten Schätzung resultieren würde. Die Linie 2 ergibt sich aus den arithmetischen Mittelwerten der monokularen Schätzung und die Linie 3 ist das Ergebnis der binokularen Entfernungsschätzung. Die gestrichelte horizontale Gerade zeigt die Entfernung der jeweils untersuchten virtuellen Ebene an. Bei der 3m und 5m Ebene weichen neben den binokularen auch die monokularen Werte stark von den dargestellten Entfernungen ab. Dies lässt eindeutig auf den starken Einfluss der Akkomodation, die bis zu ca. 6m wirken kann, zurückführen. Auch die Bewegungspalaxe spielt hierbei eine wesentliche Rolle, da leichte Kopfbewegungen bei derart nahen Ebenen die Tiefenwirkung erheblich negativ beeinflussen. Für die starke Abweichung bei den binokularen Werten sind zudem die Dominanz der Disparität, sowie der Effekt der bis zu einer Entfernung von ca. 15m wirkenden Konvergenz verantwortlich. Ab der Ebene [10m] wird der monokulare Wert besser, da auch der Einfluss der Bewegungspalaxe geringer wird. Bei binokularem Sehen werden die Schilder strikt in die virtuelle Ebene gelegt. Ab einer Bildweite von 15m hat sich der monokulare Schätzwert sehr gut an die ideale Schätzkurve angeglichen. Lediglich die Werte in 80m Entfernung weichen noch etwas vom Idealwert ab, wobei dies auf die natürliche Schätzungenauigkeit bei großen Entfernungen zurückzuführen ist. Bis zu der Ebene [40m] ist die Disparitätsdominanz noch zu stark ausgeprägt. Es fällt jedoch auf, dass Symbole vor der virtuellen Ebene schon sehr gut geschätzt werden. Die ersten guten Werte treten binokular ab der virtuellen Ebene [50m] auf, was auch mit den subjektiven Daten korreliert. Mit einem angenommenen Signifikanzniveau von $\alpha \geq 0,25$ ist ab 50m monokulares und binokulares Sehen identisch. Das bedeutet, dass ab dieser Entfernung die Disparitätsrückmeldung über die Entfernung so stark minimiert ist, dass den nun dominierenden monokularen Tiefenkriterien die größere Zuverlässigkeit zugeschrieben wird. Entsprechend schmiegen sich auch bei der Ebene [60m] und [100m] die monokularen und binokularen Ergebnisse der Referenzlinie an.

5. Ausblick

Die Methode wird in einem realen Versuchsträger als modulares kontaktanaloges Head-Up Display für Night Vision Anwendungen mit automatisierter Passantenerkennung umgesetzt und evaluiert werden.

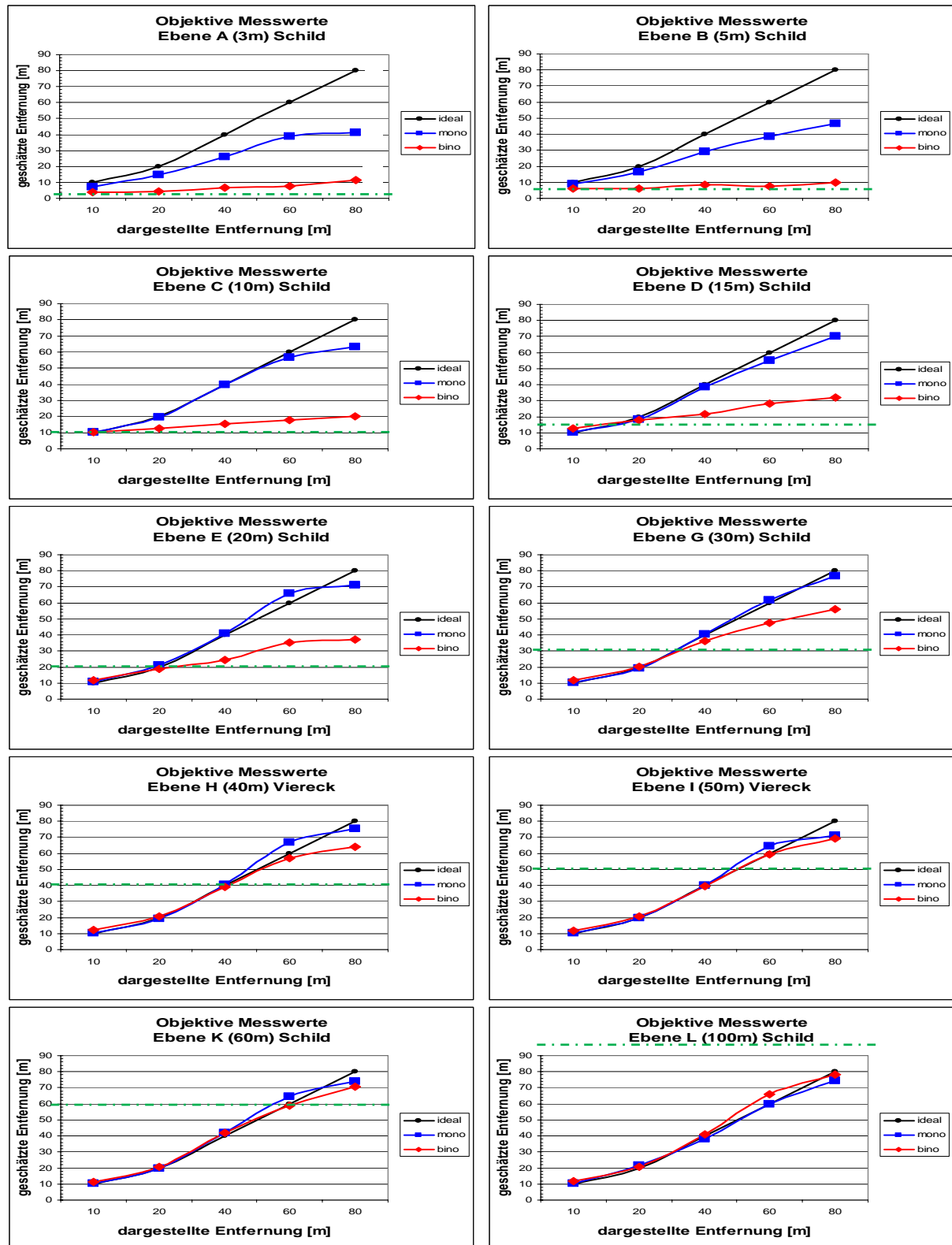


Abbildung 2: Objektive Ergebnisse der monokularen und binokularen Entfernungsschätzung

6. Literatur

1. Goldstein, E.B. 2001, Wahrnehmungspsychologie, 2. Auflage. Oxford: Spektrum aka Verlag.
2. Mallot, H.A. 1998, Sehen und die Verarbeitung visueller Informationen. Braunschweig: Vieweg.
3. Hauske, G. 1994, Systemtheorie der visuellen Wahrnehmung, 1. Auflage. Stuttgart: Teubner.

Neue adaptive Bediensysteme im Fahrzeugcockpit – Interfacedesign mit selbsterklärender Bedienung

Aleko PETROV und Thomas MAIER

*Institut für Konstruktionstechnik und Technisches Design (IKTD),
Forschungs- und Lehrgebiet Technisches Design,
Universität Stuttgart Pfaffenwaldring 9, D-70569 Stuttgart*

Kurzfassung: Der Schwerpunkt dieses Forschungsprojektes ist die Bedienung von Informationssystemen durch Blindbetätigung von Stellteilen, die im tertiären Sichtbereich im Fahrzeugcockpit liegen. Durch diese adaptiv variablen Stellteile hinsichtlich ihrer Gestalt (Aufbau, Form und Oberfläche) kann der User bei der Bedienung komplexer Informationssysteme entlastet werden. Die Hypothese dieser Forschungsarbeit nimmt an, dass die Wahrnehmungsleistung des Benutzers durch Verteilung der Informationen über mehrere verschiedene Wahrnehmungskanäle (multimodal) erhöht wird, nach (Pfeffer 2007). Die Erhöhung der Wahrnehmungsleistung beruht auf kontextbedingter Bedienmöglichkeit bzw. auf klarer Zuordnung der Betätigungsart zu der auszuführenden Funktion. Im Weiteren wird behauptet, dass die adaptiv variablen Gestaltmerkmale (Aufbau und Form) von multifunktionalen Stellteilen dem Benutzer zusätzliche kinästhetisch wahrnehmbare Bedieninformationen vermitteln. Im Rahmen dieses Beitrags wird über die Systematisierung der adaptiv variablen Stellteile, deren gestalterischen und konstruktiven Freiheitsgrad sowie über die technologische Betrachtung von Konzeptvarianten berichtet. Im Weiteren wird die Versuchsplanung empirischer Untersuchungen zum Festlegen der charakteristischen Gestaltmerkmale / Teilgestalten (Aufbau und Form) hinsichtlich der Bedienaufgabe vorgestellt.

Schlüsselwörter: adaptive Stellteile, Blindbedienung, Haptik.

1. Einleitung

Aufgrund der hohen Anzahl und Komplexität der Komfort-Funktionen im modernen Fahrzeugcockpit ist der Fahrer bei Bedienaufgaben immer stärker während der Fahrt belastet. Repräsentanten der oberen Fahrzeugklassen verfügen heute über hunderte Bedienfunktionen, die vom Fahrer erlernt und auch in kritischen Situationen bedient werden müssen. Eine ausreichend ablenkungsarme und damit sichere Bedienung der komplexen Fahrzeuginformationssysteme ist mit Hilfe der heutigen Hardware-, Softwarelösungen und Technologien noch nicht gewährleistet. Der Fahrer wird durch die Informationsüberflutung von der Fahraufgabe oft abgelenkt und dadurch beansprucht. Dies lässt sich einerseits durch die oft hohe Anzahl von Stellteilen und deren charakteristische Merkmale erklären, die keine klare taktile und kinästhetische Zuordnung zu der Betätigungsart aufweisen. Die Stellteile vermitteln keine eindeutigen Informationen über die Art der Betätigung. Andererseits hat die ungünstige Relation zwischen den haptisch erkennbaren Teilgestaltmerkmalen und der auszuführenden Funktionen häufigen Blickkontakt mit den Stellteilen zur Folge. Die Stellteile sind dadurch nicht blind betätigbar.

2. Bedeutung und Systematisierung der adaptiv variablen Stellteile

Die Bedeutung der adaptiv variablen Stellteile bezieht sich auf die informatorische Entlastung des Benutzers durch die folgenden zwei Teilaspekte:

- Verbesserung der Sinnfälligkeit der Bedienung durch Zuordnung von unterschiedlichen Betätigungsarten zu den Bedienaufgaben, -situationen und -szenarios,
- haptisch wahrnehmbare Informationskodierung der Bedienaufgaben, -situationen und -szenarios.

Der Kern dieser Arbeit befasst sich mit der Eindeutigkeit der taktil und kinästhetisch wahrgenommenen Informationen bzw. Erkennungsinhalte nach kognitiven Aspekten der bewussten und unbewussten Betätigungsvorgänge einerseits, andererseits mit dem Erkennungsprozess als Ursache von sinnfälligen Betätigungen. Die Gesichtspunkte aus der Hypothese werden zum einen unter Berücksichtigung der zu bestimmten Betätigungsarten führenden charakteristischen Gestaltmerkmale untersucht und zum anderen, unter Berücksichtigung der visuellen, taktilen und kinästhetischen Repräsentationseigenschaften von Stellteilen bezüglich der Bedienaufgabe analysiert.

Die Adaptivität der Stellteile wird durch variable, kontextbezogene Anordnungs-, Orientierungs-, Geometrie-, Form und Formelemente - Änderung gewährleistet. Im Rahmen dieser Forschungsarbeit unterscheidet man drei Kategorien von adaptiven Stellteilen nach den Funktionszuordnung und Betätigungsfreiheitsgraden:

- Stellteile mit einem Betätigungsfreiheitsgrad und adaptiv variablem Aufbau (variable Anordnung und Orientierung)
- multifunktionale Stellteile mit mehreren Betätigungsfreiheitsgraden und klarer Zuordnung der Bedienaufgabe zur Betätigungsart durch adaptiv variablen Aufbau (Anordnung, Orientierung und Geometrie)
- multifunktionale Stellteile mit mehreren Betätigungsfreiheitsgraden und adaptiv variablen Aufbau-, Form- und Oberflächenelementen zur Informationskodierung bezüglich der Funktion.

2.1. Stellteile mit einem Betätigungsfreiheitsgrad und variablem Aufbau

Adaptiv variable Stellteile mit einem Betätigungsfreiheitsgrad dienen zum Ausführen von einer oder mehreren Funktionen durch eine Betätigungsart, z. B. Drehen, Drücken. Um eine Änderung des Systemzustandes rein haptisch wahrzunehmen, kann das Stellteil kontextbezogen umorientiert werden (Abbildung 1, links). Weiteres Beispiel (Abbildung 1, rechts) stellt eine Kombination zweier drehbaren, coaxial angeordneten Stellteile, deren Anordnung kontextabhängig nach Bediensituation verändert werden kann.

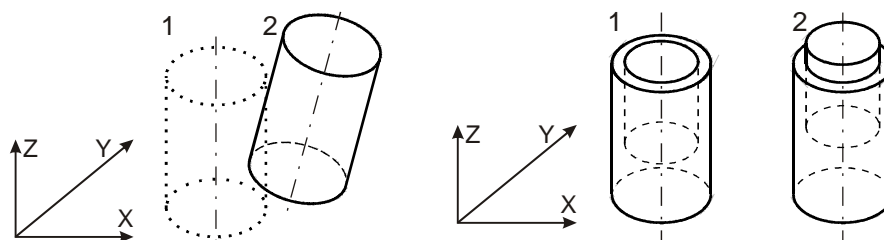


Abbildung 1: Beispiel für Anordnungs- und Orientierungsänderung, rechts – relativ

2.2. Multifunktionale Stellteile mit mehreren Betätigungsfreiheitsgraden und variablem Aufbau

Multifunktionale Stellteile mit mehreren Betätigungsfreiheitsgraden dienen zum Ausführen von mehreren Funktionen durch mehrere eindeutig zugeordnete Betätigungsarten. Um eine Änderung der Bediensituation oder -szenario rein haptisch wahrzunehmen, wird das Stellteil kontextbezogen umorientiert und/oder geometrisch verändert (Abbildung 2).

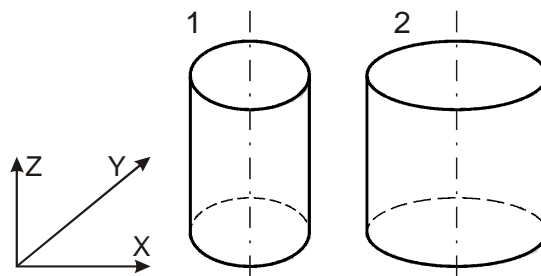


Abbildung 2: Beispiel für Geometrieänderung eines Stellteils

Tabelle 1 stellt die Konzeptvariante eines multifunktionalen Stellteils dar, das geschwenkt, gedreht und gedrückt werden kann. Durch die eindeutige Zuordnung der Betätigungsart zu der auszuführenden Funktion kann die Bediensituation bzw. -szenario sicherer erkannt und schneller erlernt werden. Die kontextbedingten Zustände des Stellteils werden durch Änderung der Anordnung und Orientierung erreicht.

Tabelle 1: Adaptiv variables Stellteil für unterschiedliche Betätigungsarten

Zustand 1	Zustand 2	Zustand 3	Zustand 4

2.3. Multifunktionale Stellteile mit mehreren Betätigungsfreiheitsgraden mit variablen Aufbau-, Form- und Oberflächenelementen

Zu der dritten Kategorie gehören adaptiv variable multifunktionale Stellteile mit mehreren Betätigungsfreiheitsgraden, die zum Ausführen von mehreren Funktionen durch Zuordnung von kontextabhängig variablen charakteristischen Gestaltmerkmalen dienen. Eine haptisch wahrnehmbare Änderung der Bediensituation bzw. -szenario kann durch kontextbedingte Änderung der Anordnung, Orientierung, Geometrie, Form- und/oder Oberflächenelemente gewährleistet werden (Abbildung 3).

In der Tabelle 2 ist als Konzeptvariante ein formveränderliches multifunktionales Stellteil mit seinen Zuständen dargestellt. Durch diesen konstruktiven Vorschlag kann das Stellteil je nach Zustand entweder als drehbar oder schiebbar erkannt werden. Die Zustandsänderung erfolgt durch translierende radialsymmetrisch angeordnete Lamellen, die bezüglich der relativen Position zu dem Stellteil die konkaven Greifflächen abdecken oder dem Nutzer zur Verfügung stellen.

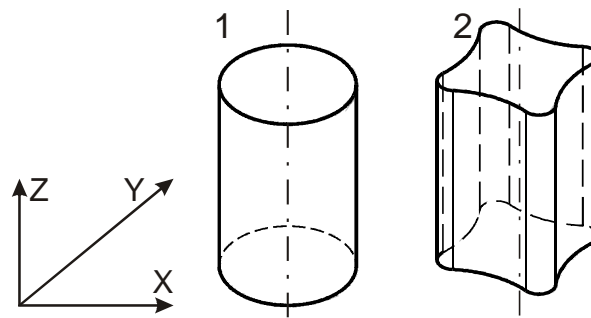


Abbildung 3: Beispiel für Formänderung eines Stellteils.

Tabelle 2: Adaptiv variables Stellteil mit Form- und Oberflächenänderung

Zustand 1		Zustand 2	

2.4 Ausblick und Versuchsplanung

Zum Festlegen der charakteristischen Gestalt sowie der geometrischen Randbedingungen der adaptiv variablen Stellteile aus den oben genannten Kategorien, sind Probandenuntersuchungen geplant. Objekte der Analyse sind u. a. die Relation der charakteristischen Gestalt, bzw. der charakteristischen Gestaltelemente zu der Betätigungsart sowie die Festlegung des geometrischen Bereichs der Gestaltvariabilität

3. Literatur

1. Schmidt, R.F., Lang, F. & Thews, G. 2005, Physiologie des Menschen mit Pathophysiologie, 29. Auflage. Berlin: Springer.
2. Pfeffer, S. 2007, Wahrnehmungspsychologische Untersuchung zum Thema visueller, haptischer und akustischer Kanal, Studienarbeit. Stuttgart: Institut für Konstruktionstechnik und Technisches Design.
3. Doerrer, C. 2003, Entwurf eines elektromechanischen Systems für flexibel konfigurierbare Eingabefelder mit haptischer Rückmeldung, Dissertation. Darmstadt: TU Darmstadt-Fachbereich Elektrotechnik und Informationstechnik.

Gestaltung von Geschwindigkeitsempfehlungen während der Annäherung an eine Ampel

Stephan THOMA¹, Thomas LINDBERG¹ und Gudrun KLINKER²

¹ BMW Group Forschung und Technik, Hanauer Str. 46, D-80992 München

² Technische Universität München, Institut für Informatik / I1,
Boltzmannstraße 3, D-85748 Garching bei München

Kurzfassung: Projekte wie INVENT oder Travolution zielen unter anderem darauf ab, durch eine verstärkte Vernetzung von Fahrzeug und Infrastruktur den Verkehrsfluss in Innenstädten gleichmäßiger und effizienter zu gestalten. Zum Beispiel kann dem Fahrer durch die Aufrüstung von Ampeln mit Kommunikationstechnik eine Empfehlung für eine optimale Geschwindigkeit während der Annäherung an eine Kreuzung gegeben werden. Dies erhöht den Fahrkomfort und reduziert gleichzeitig den CO₂-Ausstoß, indem es unnötige Wartezeiten vor roten Ampeln vermeidet. In einem Fahrsimulationsversuch wurden drei verschiedene Anzeigevarianten für einen Ampelassistenten untersucht und bezüglich Verständlichkeit, Akzeptanz, Effektivität und Ablenkung verglichen.

Schlüsselwörter: Geschwindigkeitsempfehlungen, Ampelassistent, Verkehrsführung.

1. Motivation

Um eine optimale Ausnutzung der vorhandenen Verkehrsinfrastruktur zu erreichen, werden unter anderem Maßnahmen zur gezielten Beeinflussung des Verkehrsflusses ergriffen. Dazu gehören verkehrsabhängige Geschwindigkeitsbegrenzungen auf Autobahnen, aber auch aufeinander abgestimmte Ampelschaltungen in Innenstädten. All diese Maßnahmen sollen dabei helfen, das Autofahren komfortabler zu machen und den Ausstoß von CO₂ zu reduzieren. Infrastructure-2-Car Kommunikation bietet hierbei die Möglichkeit, das Verhalten einzelner Verkehrsteilnehmer noch gezielter zu beeinflussen, indem zusätzliche Informationen mit Rücksicht auf die eigene Position und Fahrsituation, jedoch unabhängig von Sicht- oder Straßenverhältnissen, übermittelt werden. Die BMW Forschung und Technik hat deshalb einen Ampelassistenten entwickelt, welcher den Fahrer zum einen vor der Überfahrt einer roten Ampel warnt und zum anderen Empfehlungen gibt, mit welcher Geschwindigkeit die Durchfahrt während der Grünphase möglich ist. In dieser Arbeit werden zwei Anzeigevarianten zur Geschwindigkeitsempfehlung mit einer reinen Countdown-Anzeige verglichen.

2. Anzeigekonzepte

Beim HMI-Typ „Countdown“ wird dem Fahrer die Restzeit der jeweiligen Ampelphase in Sekunden angezeigt. Die Abbildung 1 zeigt einige Einzelbilder der Anzeige.

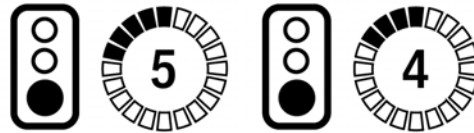


Abbildung 1: Countdown-Anzeige 5 bzw. 4 Sekunden vor dem Umschalten auf Rot

Für den Fahrer ist es in größeren Abständen zur Ampel schwierig, die Restzeit in eine entsprechende Handlung umzusetzen (beschleunigen, bremsen oder Geschwindigkeit halten). Des Weiteren zeigten an Ampeln montierte Countdownanzeigen nur geringe Effekte (Kidwai et al. 2005). Deshalb wird beim HMI-Typ „Min/Max“ aus dem Abstand zur Ampel und der verbleibenden Zeit in der Ampelphase eine Geschwindigkeitsempfehlung berechnet. Abbildung 2 zeigt die Fälle „Beschleunigen“ (hier auf mindestens 45 km/h) und „Abbremsen“ (hier auf unter 50 km/h).

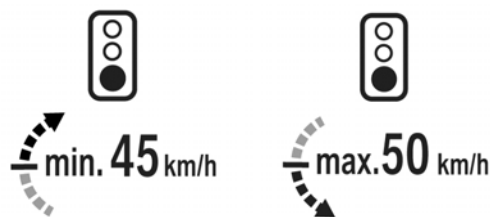


Abbildung 2: Angabe einer Minimal- bzw. Maximalgeschwindigkeit.

Da die eigentliche Handlungsaufforderung darin besteht, die Geschwindigkeit in einem bestimmten Bereich zu halten, wurde ein drittes Konzept in Anlehnung an Haller (1995) und Voy et al. (1981) entwickelt, welches farbige Markierungen in der Tachometer-Skala nutzt, um dem Fahrer den Zielbereich mitzuteilen. Abbildung 3 stellt eine Situation dar, in welcher der Fahrer die aktuelle Grünphase durch leichtes Beschleunigen noch erreichen kann. Die Farbbereiche enden bei der zulässigen Höchstgeschwindigkeit nach StVO (hier 70 km/h).

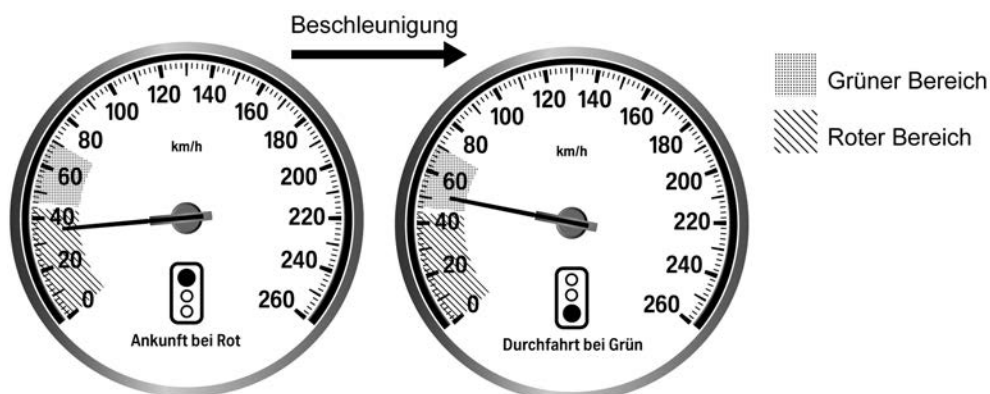


Abbildung 3: Kombi-HMI

3. Versuchsdesign

Die drei Konzepte wurden bezüglich Verständlichkeit, Akzeptanz, Ablenkung und Effektivität verglichen. Die Probanden durchfuhren dazu einen Fahrsimulatorkurs, auf dem sich Ampeln im Abstand von einigen hundert Metern befanden. Die Beurteilung

der Verständlichkeit und Akzeptanz erfolgte mittels eines Kurzinterviews bzw. eines Fragebogens. Ein Blickerkennungssystem lieferte eine Aussage über das Ablenkungspotential des jeweiligen Anzeigetyps. Vor dem Hintergrund der anhaltenden Bestrebungen der Automobilhersteller, den CO₂-Ausstoß der Fahrzeuge zu reduzieren, war des weiteren die Effizienz der Varianten von besonderem Interesse.

Für die Messung der Effizienz des Anzeigekonzepts können verschiedene Maße herangezogen werden. Beispielsweise könnte der Kraftstoffverbrauch durch Rechenmodelle ermittelt und damit ein Vergleich über das Einsparpotenzial der verschiedenen MMI-Varianten dargestellt werden. Da dieses Vorgehen jedoch eine detaillierte Nachbildung vieler Fahrzeugkomponenten erfordert, wurde im Rahmen dieser Arbeit ein vereinfachtes Kriterium zugrunde gelegt. Ein MMI für den Ampelassistenten wird dann als effizient eingestuft, wenn es zu einem möglichst gleichmäßigen Geschwindigkeitsverlauf während der Annäherung an eine Kreuzung führt. Um ein skalares Maß für eine Ampeldurchfahrt zu erhalten, wurde das Integral des Betrags der Beschleunigung des Fahrzeugs verwendet (300 Meter vor, bis 50 Meter nach der Ampel). Dieser Wert ist umso größer, je mehr Beschleunigungs- und Verzögerungsvorgänge die Probanden durchführen. Die Ampeln im Simulatorkurs wurden so geschaltet, dass kontrolliert jeweils eine der folgenden sechs Situationen zustande kam:

- „Immer Rot“: unabhängig vom Verhalten des Fahrers muss an der Ampel angehalten werden.
- „Immer Grün“: unabhängig vom Verhalten des Fahrers kann die Ampel bei Grün passiert werden.
- „+5 km/h“, „+15 km/h“, „-5 km/h“, „-15 km/h“: Die Geschwindigkeit muss um 5 bzw. 15 km/h erhöht/verringert werden, um die Ampel bei Grün passieren zu können.

Zwischen den Ampeln, und wenn keine anderen Anzeigen vorhanden waren, wurden die Probanden angehalten eine Geschwindigkeit von ca. 60 km/h zu halten.

4. Ergebnisse

Die Stichprobe bestand aus 23 Männern und vier Frauen. Das mittlere Alter betrug 29 Jahre.

Die Auswertung der Kurzinterviews ergab, dass alle Varianten von den Probanden ohne zusätzliche Erklärung verstanden wurden. Die Akzeptanzbewertung mittels Fragebögen zeigte, dass die Variante „Tacho“ von der Mehrheit der Probanden bevorzugt wird. Die Blickzuwendungszeiten sind bei der Variante „Countdown“ tendenziell niedriger als bei den beiden anderen Varianten. Signifikante Unterschiede traten jedoch aufgrund zu starker Streuung der Daten keine auf.

Abbildung 4 zeigt die Analyse des Beschleunigungsintegrals für die verschiedenen HMI-Varianten und die entsprechenden Szenarien. Im Szenario „Immer rot“ müssen die Probanden zuerst von 60 km/h auf Null verzögern und dann wieder beschleunigen. Deshalb ergeben sich Werte knapp über 120 km/h. Die Werte der anderen Szenarien liegen niedriger als dieser „worst case“.

Eine Varianzanalyse mit Messwiederholung ergab einen signifikanten Effekt für den HMI-Typ ($F=10.02$, $df=3$, 54, $p<.001$) und das Szenario ($F=108.60$, $df=5$, 90, $p<.001$).

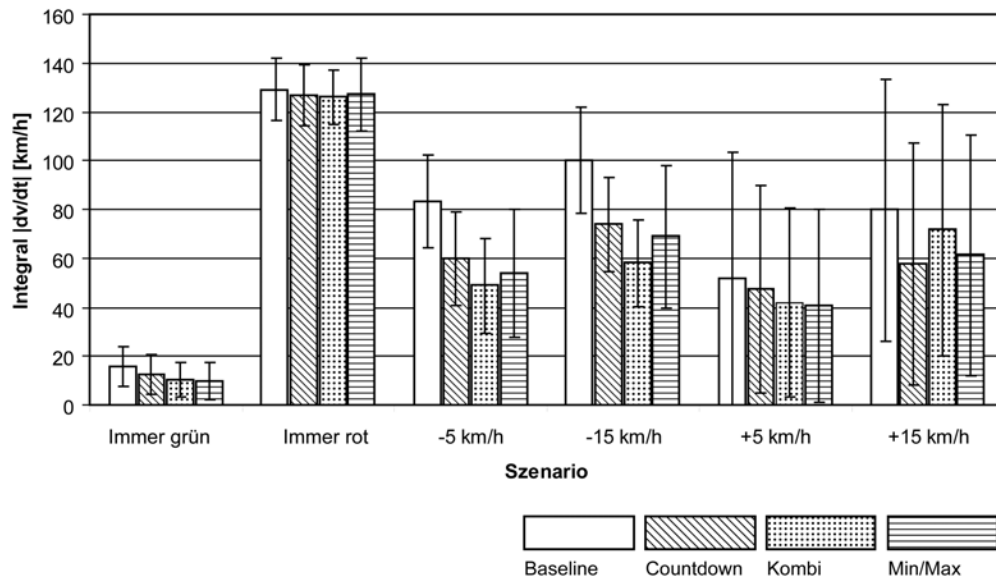


Abbildung 4: Effizienz der verschiedenen Varianten

Paarweise Wilcoxon Tests zeigten, dass das Tacho-HMI in den Szenarien „-5 km/h“ und „-15 km/h“ signifikant besser abschneidet als die beiden anderen HMI-Typen und die Baseline. Selbst im Szenario „Immer Grün“ zeigten alle HMI-Varianten einen signifikanten Vorteil zur Baseline. In den Szenarien „+5 km/h“ und „+15 km/h“ streuen die Werte stark, da nicht alle Probanden den Empfehlungen des Systems gefolgt sind. Es ergeben sich deshalb keine signifikanten Unterschiede.

Die Tachoanzeige zur Empfehlung einer Geschwindigkeit hat somit die höchste Akzeptanz und beeinflusst das Fahrverhalten am effektivsten. Abgesehen von der rechtlichen Absicherung müssen weitere Untersuchungen zeigen, wie eine solche Anzeige auch im realen Straßenverkehr genutzt wird und damit den gewünschten Effekt erzielt.

5. Literatur

1. Haller, R. 1995, Anzeigevorrichtung zur Darstellung von Differenzgeschwindigkeiten, Offenlegungsschrift Patent DE 4325721 A1.
2. Hewage, K. & Ruwanpura, J. 2004, Optimization of Traffic Signal Light Timing Using Simulation. In: Winter Simulation Conference (Edt.), Proceedings of the 2004 Winter Simulation Conference. Washington, D.C.: Winter Simulation Conference.
3. Kidwai, F.A., Ibrahim, M.R. & Karim, M.R. 2005, Traffic Flow Analysis of Digital Count Down Signalized Urban Intersection. In: Eastern Asia Society for Transportation Studies (Edt.), Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol. 5. Tokyo: Association for Planning Transportation Studies, 1301 – 1308.
4. Voy, C., Zimdahl, W., Mainka, W. & Stock, F. 1981, Einrichtung zur Verkehrsführung nach dem Prinzip der grünen Welle, Offenlegungsschrift Patent DE 3126481 A1.

Fußgängerwarnung mit einer multifunktionalen Mensch-Maschine-Schnittstelle

Henning KIENAST, Matthias HENNING, Philipp LINDNER, Hendrik WEIGEL,
Josef F. KREMS, Birgit SPANNER-ULMER und Gerd WANIELIK

*Interdisziplinäres Zentrum für Fahrerassistenzsysteme (I-FAS), TU Chemnitz,
Wilhelm-Raabe-Straße 43, D-09107 Chemnitz*

Kurzfassung: Im folgenden Beitrag wird eine multifunktionale Mensch-Maschine-Schnittstelle vorgestellt, die räumlich gerichtete Warnung besser darstellen kann als dies bei aktuellen Displaytechnologien der Fall ist. Aufbauend auf der grundlegenden Forschung wird das Konzept entwickelt, werden Anwendungsfälle und Testszenarien für den Fall einer Fußgängererkennung bei Nacht definiert und schließlich weitere sich aus der Sensordatenfusion ergebende Informationen für die Anzeige vorgestellt.

Schlüsselwörter: Fahrerassistenzsysteme, gerichtete Warnungen, Mensch-Maschine-Schnittstelle.

1. Einleitung

Visuelle Hinweise und Warnungen werden bei heutigen Fahrerinformations- und Fahrerassistenzsystemen meist in Head-Down-Displays (HDD) angezeigt. Diese sind überwiegend in das Kombi-Instrument (Tachometer etc.) oder in die Mittelkonsole des Fahrzeuges integriert. Durch verbesserte Technologien, v. a. hinsichtlich einer vereinfachten Integration, werden zunehmend auch Head-Up-Displays (HUD) eingesetzt. HUDs projizieren Informationen in die Frontscheibe oder erzeugen mit Hilfe einer aufwendigen Optik ein virtuelles Bild im unmittelbaren Bereich vor dem Fahrzeug. Beide Anzeigekonzepte unterscheiden sich in ihrer Ablenkungswirkung auf den Fahrer, wobei HUDs durch die räumliche Nähe zum Verkehrsgeschehen weniger ablenkend wirken als HDDs (Liu & Wen 2004).

Trotz dieses offensichtlichen Vorteils unterliegen auch HUDs bestimmten Einschränkungen. Sie können aus ergonomischen und technischen Gesichtspunkten die Informationen nur in einem kleinen Bereich des Fahrerblickfeldes anzeigen. Dies geschieht zum einen, um keine wichtigen Informationen aus dem Verkehrsgeschehen durch Anzeigen in der Frontscheibe zu verdecken. Zum anderen braucht die aufwendige Technik im Fahrzeug, die die Wahrnehmung der projizierten Informationen als virtuelles Bild ermöglicht, sehr viel Platz. Daher sind vor allem horizontale, räumlich-gerichtete Informationen, die z. B. nachts auf schwer erkennbare Fußgänger hinweisen, nur indirekt darstellbar.

Völlig neue Möglichkeiten bietet da eine LED-Matrix, die an der Scheibenwurzel angebracht ist. Sie kann Informationen und Warnungen räumlich gerichtet darbieten und so zusätzliche Informationen an den Fahrer weitergeben. Im Gegensatz zum HUD benötigt sie relativ wenig Bauraum und ist technisch einfacher zu realisieren. Gleichzeitig bietet diese LED-Matrix die Möglichkeit, viele verschiedene Informationen (z.B. Navigationshinweise) und Warnungen (z.B. vor schwer erkennbaren Fußgängern nachts) anzuzeigen.

2. Der Ausgangspunkt

Dem Fahrer Informationen über mögliche Gefahren in seinem visuellen Blickfeld räumlich gerichtet darzubieten, ist Gegenstand aktueller Forschung. In einer Untersuchung zur Wirksamkeit von verschiedenen Night-Vision-Systemen zeigten Mahlke et al. (2007), dass ein LED-System mit einer Vorverarbeitung der Nah-Infrarot-Bilder und einer event-basierten, räumlich gerichteten Warnung das höchste Potential zur schnellen Erkennung von möglicherweise gefährlichen Situationen bietet. Im Vergleich mit typischen Nah-Infrarot- oder Fern-Infrarot-Systemen (NIR bzw. FIR) ohne Vorverarbeitung zeigte sich bei diesem System außerdem, dass der Fahrer durch das zusätzliche System kaum abgelenkt wird. In Abbildung 1 ist das FIR-System mit automatischer Fußgängererkennung und event-basierter Warnung mittels LED-Anzeige aus Mahlke et al. (2007) dargestellt.



Abbildung 1: Fern-Infrarot-System mit automatischer Fußgängererkennung und event-basierter Warnung mittels LED-Anzeige aus Mahlke et al. (2007)

Aufbauend auf diesen Ergebnissen (Mahlke et al. 2007) wird am Interdisziplinären Zentrum für Fahrerassistenzsysteme in Chemnitz (I-FAS) eine neue Form von Display entwickelt, die eine visuelle, räumlich-gerichtete Warnung ermöglicht. Die dargestellten Informationen verbinden dabei die Nähe der durch ein Head-Up-Display dargebotenen Informationen zum externen Fahrgeschehen mit einer räumlichen Zuordnung der Informationen, wobei die Informationen die Fahrszene nicht überlagern. Abbildung 2 zeigt den Prototyp mit einem horizontal räumlich-gerichteten Hinweis.

3. Aufbau der Mensch-Maschine-Schnittstelle (MMS)

Das Display basiert auf LED-Anzeigetechnologie und befindet sich am unteren Rand der Frontscheibe. Die Anzeige ist aus mehreren zu einer Matrix verbundenen LED-Modulen aufgebaut. Ein Modul der Matrix ist mit 256 ultrahellen LEDs bestückt und 60x60 mm groß. Jede einzelne LED kann unabhängig voneinander 27 Farben und Grautöne darstellen. Entsprechend den Anforderungen können acht individuelle Helligkeitsstufen implementiert werden. Diese Stufen lassen sich sowohl manuell regulieren als auch mit Hilfe eines Photosensors automatisch an die natürliche Umgebungshelligkeit anpassen. Auch eine Abstimmung auf die bereits im Fahrzeug vorhandene künstliche Illumination ist über CAN-Bus-Informationen möglich. Zur An-

steuerung der Matrix und zur Generierung von Symbolen werden mehrere Mikrocontroller eingesetzt. Diese erhalten durch ein CAN-Bus-Interface Daten über die Position und den Anzeigemodus verschiedener grafischer Informationen. Eine solche Konfiguration ermöglicht für die gesamte Untersuchungs- und Entwicklungszeit höchste Flexibilität bei gleichzeitig einfacher Steuerung der MMS. Abbildung 2 zeigt einen Prototyp des Systems im Chemnitzer Versuchsfahrzeug. Für zukünftige Tests ist vorgesehen, einen Blickbereich von ca. 135° halbkreisförmig um die Augenellipse des Fahrers abzudecken.



Abbildung 2: Prototyp der MMS mit der Anzeige eines Piktogramms

4. Test des Systems

Um die erwarteten positiven Eigenschaften der LED-Leiste verifizieren zu können, ist in einem ersten Schritt eine vergleichende Studie zur Erkennung von potentiellen Gefahrensituationen anhand von Beispielfideos geplant (vgl. Crundall & Underwood 1998). Hierfür wurde die Funktion Fußgängererkennung bei Nacht ausgewählt. Das Vergleichssystem ist ein HUD, bei dem mit Hilfe von Symbolen die räumliche Information über mögliche Gefahren in Piktogrammen kodiert ist. Dieses Anzeigekonzept ähnelt dabei dem von Leuchtenberg und Abel (2007) vorgestellten Konzept der „virtual road“. Ziel beider Systeme ist es, den Fahrer bei der Identifikation potentiell gefährlicher Situationen zu unterstützen. Fahrerseitig werden die Erkennungsrate, die Reaktionszeiten bei der Identifikation kritischer Objekte und Einschätzungen zur Effektivität, Effizienz und Akzeptanz erhoben. Zunächst werden in einer Laborstudie ca. 30 Probanden eine simulierte Fahraufgabe bei Nacht ausführen. Die Fahraufgabe wird mit standardisiertem Material aus Realfahrten bei Nacht simuliert.

Neben Untersuchungen im Labor ist geplant, die LED-Matrix im Chemnitzer Fahr-simulator und in einer Feldstudie im Versuchsfahrzeug „Carai“ zu evaluieren. Das Fahrzeug ist mit Sensoren zur Erfassung der Umgebung ausgestattet. Damit ist die für FAS/FIS erforderliche Erkennung der Fahrzeugumgebung möglich. Ein Beispiel dafür ist die Erkennung von Fußgängern bei Nacht mit Hilfe einer FIR- oder NIR-Kamera (Scheunert et al. 2005; Fardi et al. 2005). Zusätzlich kann ein Laserscanner (Lidar) eingesetzt werden, der mit Hilfe von Datenfusionsalgorithmen die Zuverlässigkeit des Erkennungssystems erhöht. Erkennt das System eine potentiell gefährli-

che Situation, soll der Fahrer über eine Warnung auf die Position der detektierten Person hingewiesen werden. Forschungen auf dem Gebiet zukünftiger Assistenzsysteme sind auf europäischer Ebene u. a. im Projekt PReVENT stark vorangetrieben worden.

5. Erweiterte Einsatzmöglichkeiten

Weitere Anwendungen des Displays sind die Darstellung von Informationen aus dem Navigationssystem, Spurerkennung, Umfelderkennung und der Fusion dieser Daten. Durch ein Video+Lidar basiertes Spurerkennungssystem ist die Identifikation der vom Fahrzeugführer aktuell genutzten Fahrspur möglich (Fardi et al. 2007; Weigel et al. 2007). Damit lassen sich Navigationsanweisungen besser an die aktuelle Verkehrssituation anpassen: Spurwechsel werden früher erkannt und die Anzeige entsprechend aktualisiert. Gleichzeitig kann z.B. vor einem vom Navigationssystem empfohlenen Abbiegevorgang auf Fahrzeuge im toten Winkel hingewiesen werden. Hier ergänzen sich beide Systeme sinnvoll und entlasten dabei zusätzlich den Fahrer. So können Navigationshinweise unter besonderer Berücksichtigung der aktuellen Verkehrssituation gegeben werden, oder Informationen werden dem Fahrer in der Reihenfolge ihrer Relevanz für die akute Situation übermittelt bzw. zeitlich begrenzt zurückgehalten. Dies geschieht basierend auf den Erkenntnissen, die im Rahmen des EU-Forschungsprojekts AIDE gewonnen wurden.

6. Literatur

1. Crundall, D. & Underwood, G. 1998, Effects of experience and processing demands on visual information acquisition in drivers, *Ergonomics*, 41, 448–458.
2. Fardi, B., Scheunert, U. & Wanielik, G. 2005, Shape and motion-based pedestrian detection in infrared images: a multi sensor approach. In: IEEE (Edt.), *Intelligent Vehicles Symposium*, 2005, Proceedings. IEEE: 18-23.
3. Fardi, B., Weigel, H., Wanielik, G. & Takagi, K. 2007, Road Border Recognition Using FIR Images and LIDAR Signal Processing. In: IEEE (Edt.), *Intelligent Vehicles Symposium*, 2007. IEEE: 1278-1283.
4. Leuchtenberger, B. & Abel, H.-B. 2007, Unterstützung des Fahrers bei der Nachtfahrt - Gestaltung und Bewertung der Darstellung eines Night Vision Systems mit Fußgängermarkierung im Head-up Display. In: VDI-FVT (Hrsg.), *Fahrer im 21. Jahrhundert*, VDI-Berichte 2015. Düsseldorf: VDI Verlag, 219-232.
5. Liu, Y.C. & Wen, M.H. 2004, Comparison of head-up display (HUD) vs. head-down display (HDD): driving performance of commercial vehicle operators in Taiwan, *International Journal of Human-Computer Studies*, 61, 679-697.
6. Mahlke, S., Rösler, D., Seifert, K., Krems, J.F. & Thüring, M. 2007, Evaluation of six night vision enhancement systems: Qualitative and quantitative support for intelligent image processing systems, *Human Factors*, 49, 518-531.
7. Scheunert, U., Cramer, H., Fardi, B. & Wanielik, G. 2005, Multi-Sensor-Daten-Fusion zur Personenerkennung mit dem Merkmalsmodell. In: *INFORMATIK 2005 - Informatik LIVE! Band 2*, Beiträge der 35. Jahrestagung der Gesellschaft für Informatik e.V. (GI).
8. Weigel, H., Scheunert, U., Fardi, B. & Wanielik, G. 2007, Enhanced Lane Recognition Using a Two Camera System. In: *6th European Congress and Exhibition on Intelligent Transport Systems and Services*. Aalborg, Denmark.

Driving with and without ACC: evaluated Differences

Darya POPIV, Christian LANGE and Heiner BUBB

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

Abstract: Active Cruise Control (ACC) provides the driver with longitudinal assistance by overtaking the tasks of reaching and keeping the desired speed, as well as keeping the desired distance to an existing lead vehicle. In this work, results of a real-life experiment are presented. The goal of the experiment was to get behavioral data for unassisted (natural) driving, and to compare it with ACC characteristics afterwards. The experiment was done following the concept of a Naturalistic Driving Studies (NDS). NDS can be viewed as a specific type of field experiment. In terms of such experiment, the test subject and object are put into their "natural" operating environment, and the experimenter rather observes than guides the investigated situations. The experiment was performed for typical highway situations during which drivers' natural behavior was observed. Analysis of collected data was performed for different driving measures, such as time gap (TGAP, also sometimes referred to as the time distance) and distance to the car in front. These measures were taken during maneuvers performed by the driver during their unassisted natural driving. Results of descriptive analysis of taken measures are then compared to the ACC assisted driving values that are expected for these maneuvers. In this work, the functionality of ACC and its usability in different highway traffic situations are examined. It is shown, in which particular situations ACC could be improved through better anticipation of the driver's behavior.

Keywords: Active Cruise Control (ACC), lane change maneuver.

1. Introduction

Naturalistic Driving Studies (NDS) becomes a powerful tool in investigation of driver's behavior in its natural environment and further derivation of driving assistance system requirements. The goal of presented study was to apply the technique of NDS experiment in order to examine typical highway maneuvers and afterwards to specify the situations, in which ACC assisted driving behavior significantly differs from the unassisted one.

2. Method

Six drivers (4 male, 2 female) participated in the study. They were between 18 and 52 years old (mean = 32 years, s.d. = 14 years).

Each of the participants had to drive the highway course. This course was driven on the three-lane and two-lane highways (Highways A9 and A93 connecting Munich and Regensburg) with relatively high traffic density. The car driven by participants was BMW 325 E91 provided by BMW Group. The driving measurements of own vehicle and data of other relevant cars (Data acquired with the help of ACC2 LRR

Bosch sensor) were recorded at 25 Hz frequency. For additional help during the analysis and situation classification the synchronized video stream was taped.

In this experiment, three typical types of highway maneuvers were examined. The goal of this examination was to determine the minimal distances and corresponding time gaps which are characteristic for approaching the vehicle in front during performance of certain maneuvers. Detailed description of them and taken dependent measurements are given in the Table 1.

Table 1: Types of examined maneuvers and corresponding dependent measurements

Maneuver	Dependent Measurements
<u>Maneuver 1: Changing Lane.</u> Own vehicle driving on the right lane approaches a slower car in front. The driver of the own vehicle decides to change to the left lane, and fulfills the wish.	$dist_{min}(M1)$ – last detected distance to the car in front in meters during own lane change, and $TGAP_{min}(M1)$ – time gap in seconds between two vehicles at this moment: $TGAP_{min}(M1) = \frac{dist_{min}(M1)}{v_{own}},$ where v_{own} is the speed in m/s driven by the own vehicle.
<u>Maneuver 2: Approaching Departing Vehicle.</u> Own vehicle driving on the left lane approaches a slower car in front. However, the slower car is about to depart the lane, e.g. changes to the right lane. The driver of the own vehicle stays on the left lane.	$dist_{min}(M2)$ – last detected distance to the departing car in front in meters during its lane change, and $TGAP_{min}(M2)$ – time gap in seconds between two vehicles at this moment.
<u>Maneuver 3: Allowing Other Vehicle to Overtake.</u> Own vehicle driving on the left lane allows a car in front to change from right lane to the left and back to the right in order to overtake slower driving vehicles on the right lane.	$dist_{min}(M3)$ – last detected distance to the car in front in meters during its lane change to the right; $TGAP_{min}(M3)$ – time gap in seconds between two vehicles at this moment.

Before comparison with ACC assisted driving values, dependent measurements for each type of maneuver were sorted for better overview into six sub-groups depending on the speed of the own vehicle at the moment when $dist_{min}$ and $TGAP_{min}$ were taken. Overall, following speed sub-groups were considered: 80-100 km/h, 100-120 km/h, 120-140 km/h, 140-160 km/h, 160-180 km/h, and >180 km/h.

3. Results

The results of comparison show that drivers frequently perform the maneuvers with shorter distances to the cars in front as well as smaller TGAPs than it is allowed by ACC under the same circumstances, i.e. considering driven speed. Below are given the box plot figures for $dist_{min}$ and $TGAP_{min}$, the number of cases considered in

each sub-group, and ACC-system limits (for $dist_{min}$ these are the smallest distances allowed by ACC for a speed sub-group, and for $TGAP_{min}$ – ACC-system TGAPs).

The analysis of overtaking maneuvers showed speed influence on minimal distances, but not on corresponding TGAPs. The drivers try to keep constant TGAPs independent of the driven speed, which also corresponds to the results of Taieb-Maimon et al. (2001).

53% of overtaking maneuvers were performed with $TGAP_{min}$ (M1) < 1s. 17% are with $TGAP_{min}$ (M1) less than 0.6s, which is considered to be a critical time gap by Fastenmeier et al. (2001). However, the overall mean TGAP for overtaking still lies above 1s (mean = 1.07s, s.d. = 0.54s).

When approaching a departing vehicle, $TGAP_{min}$ (M2) < 1s is 83%, and $TGAP_{min}$ (M2) < 0.6s is approximately 30% (mean = 0.82s, s.d. = 0.5s).

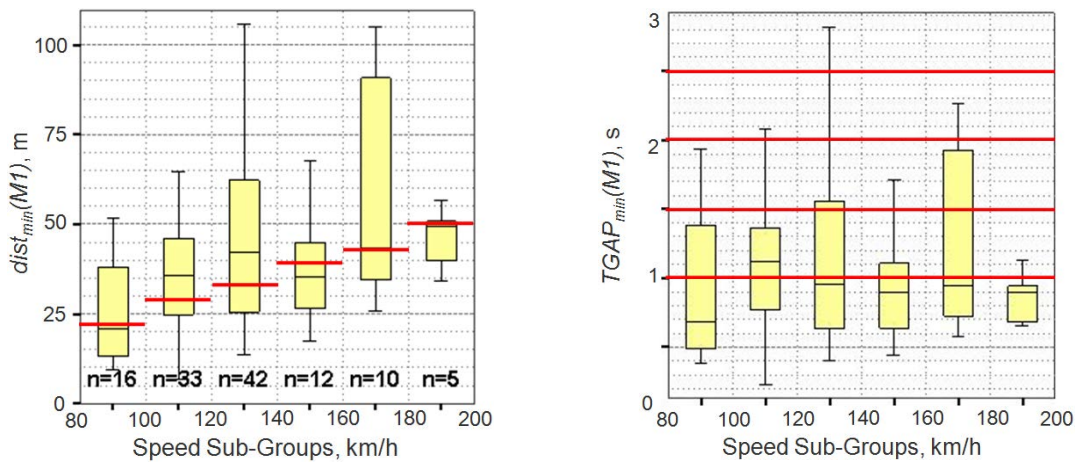


Figure 1: Characteristic $dist_{min}$ (M1) and $TGAP_{min}$ (M1) compared to ACC-system limits

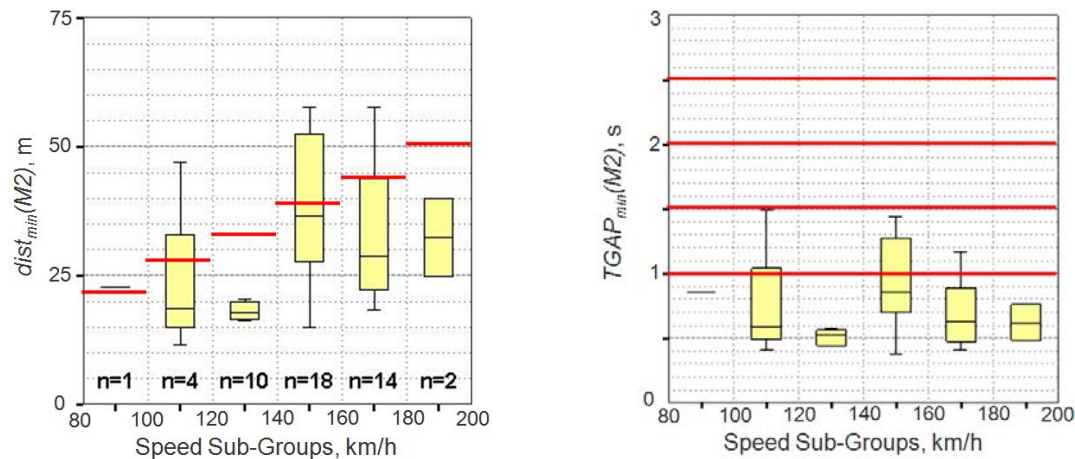


Figure 2: Characteristic $dist_{min}$ (M2) and $TGAP_{min}$ (M2) compared to ACC-system limits

No speed influence could be proven for TGAPs also when allowing the other car to overtake (Figure 3). Here $TGAP_{min}(M3)$ < 1s is 73%, and $TGAP_{min}(M3)$ < 0.6s is 30% (mean = 0.84s, s.d. = 0.43s).

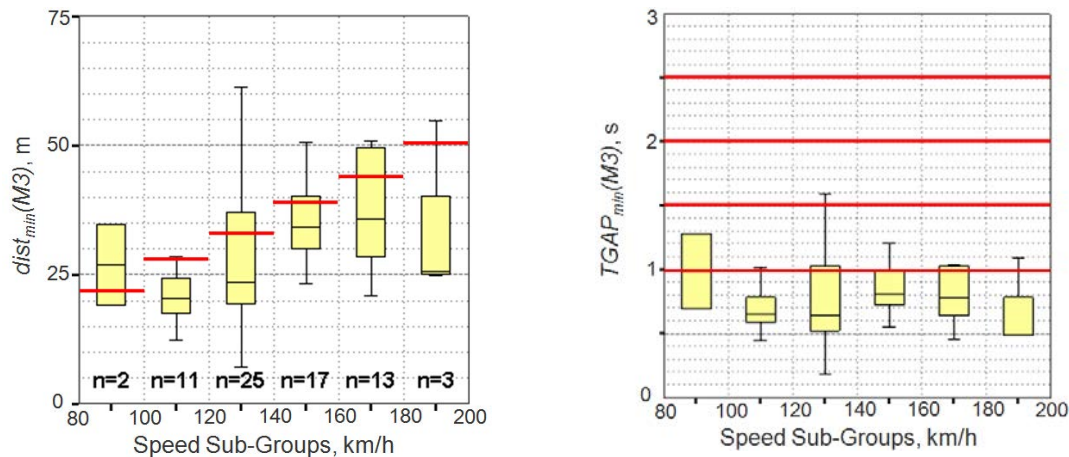


Figure 3: Characteristic $dist_{min}(M3)$ and $TGAP_{min}(M3)$ compared to ACC-system limits

4. Conclusions and Discussion

The measures of distance to the car in front and TGAP were investigated in NDS experiment performed for typical driving situations on the highway. The characteristic values for examined types of maneuvers were determined. They were later compared with corresponding ACC-system parameters. As the result, it was verified that drivers tend to reach shorter distances to the cars in front and smaller TGAPs than ACC allows for certain types of maneuvers.

Such behavior of the drivers can be explained through the human ability to better anticipate the upcoming traffic situation in comparison to ACC-system. Therefore, subjectively estimated safe distances and corresponding TGAPs are sometimes smaller in comparison to those typical for the system. Due to limited anticipation capabilities of ACC, the system should legitimately maintain longer safe distances and larger time gaps to relevant traffic participants. These should be sufficient to allow the driver to overtake the control over a driven vehicle if anticipation of the system fails and leads to critical situations. However, the discrepancy between subjectively safe behavior and the one influenced by the ACC can be reduced through improvements in the system's anticipation of the traffic situation. The resulting system should safely assist the drivers to perform the needed maneuver in their most natural manner without constraining them. This could be done through intuitive and comfortable overriding of the system's functionality, e.g. for the overtaking maneuvers when the blinker is activated.

5. Literature

1. Fastenmeier, W., Hinderer, J., Lehnig, U. & Gstalter, H. 2001, Analyse von Spurwechsellvorgängen im Verkehr, Zeitschrift für Arbeitswissenschaft, 55, 15-23.
2. Taieb-Maimon, M. & Shinar, D. 2001, Minimum and comfortable driving headways: Reality versus perception, Human Factors, 43, 159-172.

Gestaltung eines Unterstützungssystems zum Lernen einer verbrauchseffizienten Fahrweise mit LKW

Marc SCHÜTTE und Ralph DREHER

*Institut Technik und Bildung, Universität Bremen,
Am Fallturm 1, D-28359 Bremen*

Kurzfassung: Vorgestellt wird eine prototypisch realisierte Lösung für ein Unterstützungssystem, welches ein lernförderliches Feedback zur Verbrauchseffizienz bezogen auf verhaltensrelevante Episoden im Fahrprozess von LKW realisiert. Eine Unterstützung von Lern- und Aneignungsprozessen steht in starkem Kontrast zu herkömmlichen, ausführungsorientierten Fahrerinformations- und Fahrerassistenzsystemen. Erörtert werden insbesondere Anforderungen an die Adaptationsfähigkeit und Ergonomie des Unterstützungssystems.

Schlüsselwörter: Fahrerunterstützung, Feedbacklernen, Kraftstoffverbrauch.

1. Einleitung

Sogenannte Fahrerassistenz- (FAS) und Fahrerinformationssysteme (FIS) gewinnen gerade auf dem Nutzfahrzeugmarkt eine immer größere Bedeutung. Hinsichtlich ihrer Funktionalität können diese auf einem Kontinuum zwischen informierenden (z.B. Spurhalteassistent, Navigationssystem) und eingreifenden Systemen (z.B. automatische Notbremse, elektronisches Stabilitätsprogramm) verortet werden (vgl. van der Laan et al. 1997). Weiterhin kann zwischen fahrzeugautonomen Systemen und solchen differenziert werden, die eine Kommunikation z.B. mit anderen Fahrzeugen oder der Infrastruktur beinhalten.

Als übergeordnete Ziele von FAS/FIS werden Erhöhungen im Komfort und vor allem in der (aktiven) Sicherheit genannt. Üblicherweise wird dies zu erreichen versucht, indem Technik menschliches Verhalten kompensiert oder ersetzt. Während dieses Vorgehen in menschlichen Grenzbereichen zur Beherrschung von Risiken im Straßenverkehr durchaus alternativlos ist, stellt sich die Frage, ob FAS/FIS nicht auch für den Erwerb von Fertigkeiten und Fähigkeiten (Verbesserung von fahrerzentrierten Ressourcen) geeignet und nützlich wären, die gegenüber bestimmten Anforderungen bei der Fahrzeugführung optimiert sind.

Der vorliegende Beitrag stellt ein Unterstützungssystem vor, das nicht primär auf Sicherheit und Komfort abzielt und deshalb auch nicht versucht, das Führen eines Fahrzeugs technisch zu vereinfachen. Vielmehr soll das System das Lernziel einer verbrauchseffizienten Fahrweise mit LKW unterstützen und perspektivisch für die Kompetenzentwicklung von Berufskraftfahrern verwendbar sein. Das Unterstützungssystem, dessen Prototypentwicklung in Kooperation mit dem Telematikhersteller dbh Logistics IT AG weitgehend abgeschlossen ist, stellt somit ein Angebot zum Lernen im Fahrprozess bzw. in der Arbeit dar.

Die Entwicklung des Systems muss sich u.a. den beiden folgenden Herausforderungen stellen: 1) Fähigkeit zur Adaptation. Das System muss verbrauchsrelevante Verhaltensweisen (Lerninhalte) sicher diagnostizieren und moderierend (z.B. akzentuierend und verstärkend) in die erfahrungsgeprägte (schemageleitete) Interaktion

zwischen Mensch, Maschine und Umwelt eingreifen, um eine schrittweise Annäherung an Anforderungen der Verbrauchseffizienz zu ermöglichen (vgl. hierzu auch Leutner 2002). 2) Ergonomie. Die Verwendung des Systems im Straßenverkehr erfordert besondere Maßnahmen zur Vermeidung von Interferenzen zwischen Lernaktivitäten (z.B. eine Aufmerksamkeitsverlagerung auf das Display der Applikation) und der Primäraufgabe des Fahrens.

2. Konzeptionelle und technische Realisierung

2.1 Verhaltensoptimierung durch Feedback

Das entwickelte Unterstützungssystem setzt auf Fahrer-Feedback. Als lern- und entwicklungstheoretischer Begründungsrahmen kann diesbezüglich das Deliberate-Practice-Konzept in Anspruch genommen werden. Nach Ericsson et al. (1993) stellt ein zeitnahes und informatives Feedback über Handlungseffekte eine notwendige Voraussetzung für die Expertiseentwicklung dar. Die Idee zur Realisierung eines lernhaltigen Feedbacks über die fahrweisenabhängige Verbrauchseffizienz ist mitnichten neu. So entwickelte van der Voort (2001) ein feedbackbasiertes „fuel-efficiency support tool“ für PKW, welches mit adaptiven Eigenschaften ausgestattet ist. Erfahrungen mit einem Feedbacksystem für LKW, welches die Anteile von verhaltensabhängigen Kategorien ungenutzten Kraftstoffverbrauchs (z.B. Leerlauf- und Bremsphasen) kontinuierlich in Diagrammform präsentiert, berichten außerdem Wahlberg & Göthe (2007). Ein zusätzliches Feedbackangebot begründen die genannten Autoren übereinstimmend damit, dass die vorhandenen Indikatoren zu un-differenziert und mehrdeutig sind, um Auswirkungen von Variationen im Verhalten auf den Kraftstoffverbrauch beobachten zu können. Hierzu stellen van der Voort et al. (2001, S. 281) fest: „Achieving the right level of temporal granularity for optimization is important; too coarse and many opportunities to improve performance will be missed.“ (In der Praxis sind Schulungsmaßnahmen verbreitet, die i.d.R. auch fahrpraktische Übungsphasen unter Anleitung von Fahrtrainern (Feedbackgeber) beinhalten. Zur Wirksamkeit dieser Maßnahmen (insbesondere zur Stabilität der Effekte) liegen unterschiedliche Angaben vor (vgl. Wahlberg 2002)).

Alle Daten zur Feedbackgenerierung erhält das System (fahrzeugautonom) über das so genannte Fleet Management System- (FMS) Protokoll, einem Industriestandard, auf den sich Hersteller schwerer Nutzfahrzeuge verständigt haben. Dieser ermöglicht grundsätzlich das Auslesen bestimmter Fahrzeugdaten, wie z.B. Gaspedalstellung (0-100%), Drehzahl (U/min) und Geschwindigkeit (km/h). Verarbeitet werden diese Daten auf einem WindowsMobile6-PDA (siehe Abbildung 1a). Im ersten Schritt erfolgt eine Identifikation von verbrauchsrelevanten Episoden im Fahrprozess. Letztere sind z.B. Anfahren, Verzögern, Leerlauf und Konstantfahrt. Im zweiten Schritt wird für jede erkannte Episode eine Bewertung vorgenommen, die auf der Grundlage des (zunächst gemittelten) Verbrauchskennfeldes vorgenommen wird. Im letzten Schritt generiert das System ein visuelles Feedback zur jeweiligen Episode, wie z.B. „Mehr Gas?“, „Motor früher abstellen?“, „Früher schalten?“ etc. (Abbildung 1b). Fahrer erhalten damit ein zeitnahes, kontextsensitives Feedback, wie sie sich in zukünftigen Situationen optimaler verhalten können (Imperative Anzeigen, die z.B. in Form von Schaltempfehlungen realisiert sind, zielen demgegenüber auf eine Unterstützung der Ausführung von Fahrmanövern in Echtzeit ab. Problematisch ist hierbei jedoch die Aufmerksamkeitsabwendung von manöver- und kontrollrelevanten Informatio-

nen).

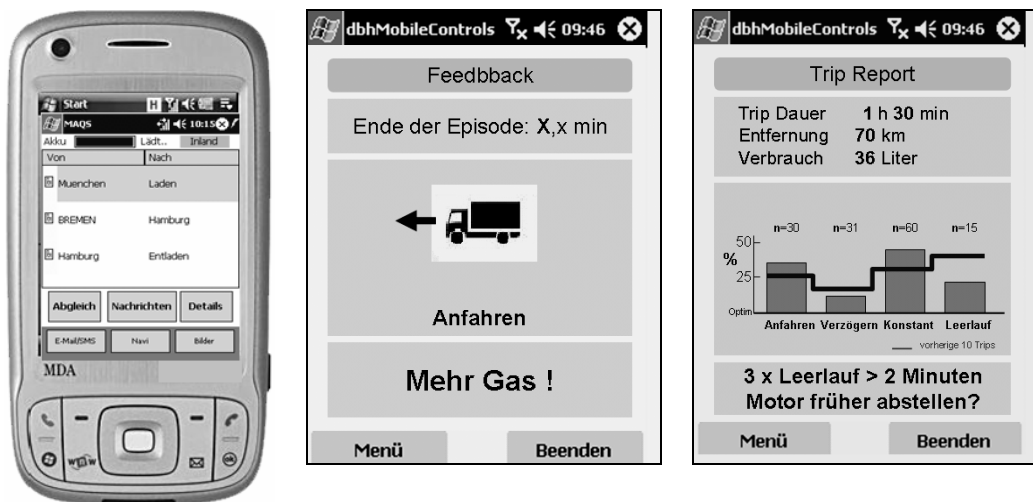


Abbildung 1: a: Endgerät (WindowsMobil6-PDA), b: Feedback zu einer abgeschlossenen Episode (Anfahren), c: Summatives Feedback (Trip Report) am Ende der Fahrt

Darüber hinaus werden aufgezeichnete suboptimale Episoden bei Fahrtende als summatives Feedback (Trip Report) mitgeteilt (Abbildung 1c). Letzteres ermöglicht u.a. eine Abschätzung von Verbesserungsmöglichkeiten und eingetretenen Leistungsverbesserungen in bestimmten Kategorien. Weiterhin erfolgt in Trip Reports eine Rückmeldung zu verbrauchsindikativen Mustern im Fahrverhalten (z.B. häufige hohe Geschwindigkeitsdifferenzen als Indikator für das Feedback „Vorausschauender fahren?“).

2.2 Ergonomische und lernpsychologische Verankerungen in der Systemarchitektur

Zusammenfassend lassen sich grob sechs Module bzw. Schichten (Layer) in der funktionellen Architektur des Systems unterscheiden, die ab Fahrtbeginn mehrfach zyklisch-sequentiell durchlaufen werden und bei Beendigung der Fahrt mit der Erstellung eines Trip Reports abschließen. Die ersten beiden Schichten beinhalten die Episodenidentifikation und Episodenbewertung (siehe oben). In der dritten Schicht erfolgt die Feedbackgenerierung für die abgeschlossene Episode; im Falle einer festgestellten Leistungsverbesserung zwischen zwei Episoden der gleichen Kategorie erfolgt ein positives Feedback (z.B. „Gut gemacht!“). Die Feedbackdarstellung auf dem Endgerät (Informationsoutput) wird in der vierten Schicht einer adaptiven Steuerung sowohl nach lernpsychologischen als auch nach ergonomischen Regeln unterworfen (vgl. van der Voort 2001, S. 81). Der Systemoutput wird in der Folge unter bestimmten Bedingungen unterdrückt: z.B. wenn zweimal hintereinander das gleiche Feedback gegeben würde oder in sicherheitskritischen Situationen (z.B. Durchdrehen der Räder, starker Lenkeinschlag). Vor allem wird ein Darstellungsintervall von 30 Sekunden für ein vorgehendes Feedback gewährleistet, welches dem Fahrer ermöglicht, ggf. mehrere Fixationen zur Informationsaufnahme auszuführen. Letzteres soll Aufmerksamkeitskonflikten zwischen dem Feedbackangebot und sicherheitsrelevanten Informationen entgegenwirken. Schließlich erfolgt auch keine Feedbackdarstellung in einem Zeitintervall von 40 Sekunden nachdem ein Feedback erfolgt ist, um eine Überlastung des Fahrers zu vermeiden (siehe hierzu auch die Überlegungen von van der Voort 2001, S. 62). Die fünfte Schicht beinhaltet eine Protokollierung aller Episoden und Bewertungen, welche unabhängig von der Outputsteuerung der

Unterstützung im Fahrprozess erfolgt und für die Generierung von Trip Reports (sechste Schicht) verwandt wird.

3. Stand der Entwicklung und Ausblick

Die Entwicklung des Prototyps für das beschriebene Unterstützungssystem erfolgte sehr früh unter Beteiligung von LKW-Fahrern, wobei z.B. erste Usability- und Akzeptanzabschätzungen anhand von Paper Mockups durchgeführt wurden. Mittels Fahrversuchen konnte bereits demonstriert werden, dass eine Genauigkeit bei der Episodenerkennung anhand von ausgelesenen FMS-Daten von ca. 90% erreichbar ist. In den Fahrversuchen hat sich außerdem gezeigt, dass der Datentransfer auf das Endgerät mit sehr hoher Zuverlässigkeit erfolgt. Eine Erprobung des Systems in der Praxis befindet sich in Vorbereitung. Im Zentrum stehen hierbei Fragen nach den Einsparungseffekten, der Fahrerakzeptanz und den Wechselwirkungen des Systems mit Anforderungen der Fahrzeugführung. Von besonderem Interesse ist nicht zuletzt das Zusammenwirken mit vorhandenen Informations- und Assistenzsystemen (z.B. Tempomat). Zur Prototypoptimierung wurden außerdem eine Reihe von grundlagenorientierten Forschungs- und Entwicklungsarbeiten angestoßen. Diese betreffen zum Beispiel die Entwicklung eines später in das Assistenzsystem zu integrierenden Moduls zur Bestimmung von fahrzeugspezifischen Verbrauchskennfeldern (zur Erreichung einer höheren Genauigkeit bei Episodenbewertungen) oder die vorausschauende Berücksichtigung von topologischen Informationen in der Fahrzeugumwelt.

4. Literatur

1. Ericsson, K.A., Krampe, R.T. & Tesch-Römer, C. 1993, The role of deliberate practice in the acquisition of expert performance, *Psychological Review*, 100, 363-406.
2. Leutner, D. 2002, Adaptivität und Adaptierbarkeit multimedialer Lehr- und Informationssysteme. In: L.J. Issing & P. Klimsa (Hrsg.), *Information und Lernen mit Multimedia und Internet*. Weinheim: Beltz, 115-125.
3. van der Laan, J.D., Heino, A. & De Waard, D. 1997, A simple procedure for the assessment of acceptance of advanced transport telematics, *Transport Research*, C5, 1-10.
4. van der Voort, M.C. 2001, Design and evaluation of a new fuel-efficiency support tool, PhD-thesis. Enschede: University of Twente.
5. van der Voort, M.C, Dougherty, M.S. & van Maarseveen, M. 2001, A prototype fuel-efficiency support tool, *Transportation Research*, C9, 279-296.
6. Wahlberg, A. 2002, Fuel Efficient Driving – State of the Art and Quantification of Effects, University Uppsala, [http://www.ecodrive.org/fileadmin/dam/ecodrive/Downloads/fuel_efficient_driving_training.pdf] Januar 2008.
7. Wahlberg, A.E. & Göthe, J. 2007, Fuel Wasting Behaviors of Truck Drivers. In: I.M. Pearle (Edt.), *Industrial Psychology Research Trends*. Hauppauge: Nova Science Publishers, 73-87.

Hintergrund des Beitrags ist das Projekt "Human- und geschäftsprozessoptimierte Telematikplattform für die Speditionsbranche in Bremerhaven" (OPTILOG). Förderung: Europäischer Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) und Bremer Landesprogramms Arbeit und Technik (BIG). Laufzeit: 03/2006 – 12/2008. FKZ: AuT 20622.

Methoden zur Durchführung einer Bedarfsanalyse am Beispiel des Parkens als Teil der primären Fahraufgabe

Christian DOISL¹ und Heiner BUBB²

¹ *BeOne München GmbH, Emmy-Noether-Str. 4, D-80992 München*

² *Lehrstuhl für Ergonomie, Technische Universität München, Boltzmannstr. 15, D-85748 Garching bei München.*

Kurzfassung: Neue Entwicklungen im Bereich der Fahrerassistenzsysteme können bei Automobilherstellern und Zulieferern technikgetrieben sein. Die in diesem Artikel verwendeten Methoden der Bedarfsanalyse zeigen, mit welchen einfachen Mitteln im Vorfeld konkrete Schwierigkeiten des Fahrers bei der Bewältigung eines Teils der primären Fahraufgabe – hier das Parken und Parkstandsuchen – aufgezeigt werden können. Daraus lassen sich für den Fahrer sinnvolle Assistenzsysteme ableiten. Ein Entwicklungsingenieur ist anschließend damit in der Lage, zielgerichteter Kundenbedürfnisse zu berücksichtigen und Systeme danach auszulegen.

Schlüsselwörter: Systemergonomie, Bedarfsanalyse, Parken, Parkstandsuche.

1. Einleitung

Hinweis: Die in diesem vorliegenden Artikel durchgeführten Untersuchungen wurden ausnahmslos bei der BMW Group in München durchgeführt.

Als Motivation für die Bedarfsanalyse des Parkens und Parkstandsuchens werden nachfolgende Gründe aufgezählt:

Parkmanöver können nach Riel (2002) den Verkehrsfluss mitunter stark beeinträchtigen, vor allem, wenn Sie rechts rückwärts durchgeführt werden. Dies liegt darin begründet, dass rückwärtige Fahrzeuge sehr dicht auf die Einparkenden auffahren und somit kaum die Möglichkeit haben zu überholen, ohne vorher zurückzusetzen. Folgende Konflikte bzw. Behinderungen können parkstandabhängig auftreten: Behinderung des rückwärtigen Verkehrs, Konflikte mit Radverkehr beim Ausparken, Behinderung des fließenden Verkehrs durch Ausparken und generelle Sicherheitsprobleme. Assistenzsysteme für solche Verkehrssituationen könnten deshalb dazu beitragen, den Verkehrsfluss und die Verkehrssicherheit zu erhöhen.

Betrachtet man außerdem die historische Entwicklung der Fahrzeuggeometrie näher, kann festgestellt werden, dass die Fahrzeugkanten seit Anfang der 80iger Jahre immer schlechter für den Fahrer ersichtlich sind. Um ein Fahrzeug ohne zusätzliche Unterstützung einzuparken, ist es jedoch notwendig, diese Kanten von der Fahrerposition aus zu sehen. Das heutige Design fast aller Fahrzeugklassen erfüllt diese Anforderung jedoch nicht vollständig, weshalb bei einigen Modellen weder durch einen Blick in den Innenspiegel noch durch eine Kopfdrehung des Fahrers, die hinterste Kante der Heckklappe zu erkennen ist. Ähnliches gilt für die Fahrzeugfront. Zusätzlich wird die Fläche der Scheiben immer kleiner, weshalb der Fahrer immer weniger visuelle Information von der Umwelt aufnehmen kann, was eine ADAC Studie aus dem Jahre 2005 belegt (ADACmotorwelt 2005). In dieser Studie wurde die Rundumsicht unterschiedlichster Fahrzeuge bewertet. Demnach waren ältere Fahrzeuge wie

z. B. der BMW 2002 übersichtlicher als heutige Fahrzeuge.

Als letzter Motivationsgrund sei noch angemerkt, dass trotz einfacher akustischer Parkassistenzsysteme, die den Abstand mittels Ultraschallsensoren messen, tödliche Unfälle für Passanten geschehen (Lutz-Temsch 2005)

Dies zeigt auf, dass Verbesserungspotenzial für existierende Systeme besteht.

2. Methoden und experimentelles Design

Für die Bedarfsanalyse wurden Methoden verwendet, die im Folgenden näher beschrieben werden.

Vergleichende Umfrage zum Bedarf und Stellenwert von aktuellen Fahrerassistenzsystemen bei einer zufälligen Stichprobe:

Ziel der Umfrage war es herauszufinden, wie wichtig den Befragten derzeit erhältliche Assistenzsysteme sind. Außerdem wurde von den Teilnehmern abgefragt, welche Verkehrssituationen speziell im Bereich des Parkens schwierig für sie zu bewältigen sind. Schließlich sollte noch erschlossen werden, welche Kriterien für ein optimal eingeparktes Fahrzeug gelten. Die Ergebnisse daraus sollen einerseits die Motivation für die Entwicklung von Systemen im Bereich des Parkens und Parkstandsuchens stärken. Andererseits aufzeigen, in welchen Situationen solche Assistenten am meisten benötigt werden. Letztendlich dienen die aufgestellten Kriterien für eine optimale Ausrichtung des Fahrzeugs in einem Parkstand dazu, für nachfolgende Untersuchungen objektive Messkriterien festzulegen, um unterschiedliche Konzepte miteinander vergleichen zu können.

Für diese Befragung wurde speziell eine Access-Datenbank programmiert und in das Intranet der Firma gestellt. An der Umfrage nahmen insgesamt 154 Mitarbeiter teil, die zufällig auf interne Newsgroups, in denen die Befragung platziert war, zugegriffen haben (\bar{x} -Alter = 32J, s = 10J., Frauenanteil: 14%).

Ergonomische Ist-Analyse des Parkens und Parkstandsuchens:

Ein Realversuch diene dazu, die Probanden im realen Verkehrsgeschehen zu beobachten, um Unterstützungspotenzial in speziellen Fahrsituationen auch objektiv zu erschließen. Aufgezeichnete Messwerte waren hierbei die Geschwindigkeit, Abstand des rückwärtigen Verkehrs zum Parkstandsuchenden (über kalibrierte Videoauswertung), Kriterien zur optimalen Ausrichtung eines Autos in einem Parkstand und die Auswertung von Blickdauern auf vorher festgelegte Bereiche mithilfe eines Blickerfassungssystems, um die Ablenkungswirkung zu untersuchen (Rassl 2004).

Ein subjektiver Beanspruchungstest rundete diese Untersuchung ab. Damit sollte gezeigt werden, wie der Mensch das Parken und Parkstandsuchen im Vergleich zu anderen Verkehrssituationen einschätzt.

Analyse des Parkens mithilfe der Flussdiagrammtechnik:

Mit dieser Methode wird die zeitlich-räumliche Ordnung beschrieben. Daraus lässt sich ableiten, welche und wie viele sequenzielle bzw. parallele Prozesse bei der Durchführung einer Aufgabe (hier das Parken) anstehen. Damit kann abgeschätzt werden, ob der Fahrer womöglich überlastet ist und schließlich Optimierungspotenzial aufgezeigt werden (Bubb 1993). Mithilfe von Assistenzsystemen ist es möglich, diese Optimierung zu erzielen.

3. Ergebnisse

3.1 Methode 1

Die Auswertung der Frage nach der Wichtigkeit unterschiedlicher Fahrerassistenzsys-

teme ergab, dass vor allem Systeme zur Fahrdynamikregelung wie Antiblockiersystem (ABS) und elektronisches Stabilitätsprogramm (ESP) von fast allen Umfrageteilnehmern (90%) als sehr wichtig bewertet werden. Hierbei konnte nur abgestimmt werden zwischen: „Das System wäre mir sehr wichtig / unwichtig“. 72% der Befragten sehen das Parkassistenzsystem Parkdistanzkontrolle und das Navigationssystem als sehr wichtig an. Systeme wie Tempomat, aktive Geschwindigkeitsregelung oder Night-Vision werden mit jeweils ca. 20% als eher nicht so wichtig eingestuft. Ein anderer Teil der Intranetumfrage befasste sich mit eventuell problematischen Parksituationen. Dafür wurden unterschiedliche bauliche Parkstandausprägungen in die Umfrage mit aufgenommen. Dabei stellte sich heraus, dass für die Befragten Hofausfahrten und Parkstände auf der linken Fahrbahnseite als eher schwierig eingeschätzt werden. Letztendlich können die wichtigsten Kriterien für eine optimale Parkendposition bei Längsparkständen nach der Umfrage folgendermaßen definiert werden: So schnell wie möglich Einparken. So nah wie möglich am Bordstein parken. So mittig wie möglich zwischen Fahrzeug vorderer und hinterer Begrenzung parken. Diese Kriterien können für nachfolgende Untersuchungen als Aufgabe für Probanden gestellt werden, um das Ergebnis aus Aufgabenstellung und Aufgabenerfüllung – also die Qualität des Einparkens – zu ermitteln. Damit können unterschiedliche Systeme miteinander verglichen werden.

3.2 Methode 2

Der Realversuch der Parkstandsuche ergab, dass der Fahrer mitunter seinen Blick sehr lange auf einen möglichen Parkstand gerichtet hält (Tabelle 1 u. Abbildung 1).

Tabelle 1: Blickabwendungsdauern vom Straßenfluchtpunkt

Parameter	Freie Fahrt	Parkstandsuche
$\bar{\Delta}$ [s]	0.3 ± 0.2	1.8 ± 1.8
Min. / Max. [s]	0.1 / 1.8	0.1 / 11.5

Weitere eventuell für das Fahren notwendige Umweltinformationen werden nicht mehr so gut aufgenommen. Außerdem hat sich gezeigt, dass der Parkstandsuchende bei gefundenem Parkplatz sehr plötzlich bremst.

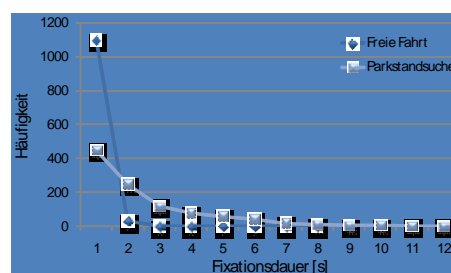


Abbildung 1: Fixationsdauern

Dabei wird in über 90% der Fälle nicht bzw. nicht rechtzeitig geblinkt, sodass gefährliche Situationen für den rückwärtigen Verkehr entstehen können. Außerdem fährt dieser so dicht auf, dass der Einparkende nicht in die Lücke zurückstoßen kann, bis die hinteren Fahrzeuge – abhängig vom Gegenverkehr – überholen können. Dies führt zu einer nicht unerheblichen Behinderung des Verkehrs. Aus diesem Grund wurde nach dem Versuch ein Assistenzsystem entwickelt, das bei Erreichen eines Fahrziels oder nach selbstständiger Betätigung durch den Fahrer aktiviert wird. Dabei wird, unter Berücksichtigung ergonomischer Regeln, eine Anzeige mit einem Symbol in der Heckscheibe des Parkstandsuchenden dargestellt. Dieses soll den rückwärtigen Verkehr rechtzeitig

darüber informieren, dass jetzt ein Parkplatz gesucht wird. Das ausgewählte Symbol wurde unter mehreren Symbolvorschlägen in einem vorherigen Präsentationsversuch evaluiert und von den Probanden als intuitiv bewertet. Das Ergebnis eines anschließenden Versuchs mit fast denselben Probanden aus der Ist-Analyse zeigte, dass die Parkstandsuche für den rückwärtigen Verkehr um mehr als 20% weniger gefährlich wurde. Außerdem traten 20% mehr Fälle auf, in denen der Suchende sofort rückwärts einparken konnte, weil es dem rückwärtigen Verkehr durch die Anzeige möglich war, rechtzeitig zu überholen bzw. früher zu bremsen. Dies zeigt, dass aufgrund eines Problems, das sich durch eine Ist-Analyse gezeigt hat, ein Assistenzsystem entwickelt werden konnte, das den Fahrer sinnvoll unterstützt. Ferner konnte noch herausgefunden werden, dass durch solch ein System die Beanspruchung des Fahrers beim Parkstandsuchen signifikant reduziert werden kann.

3.3 Methode 3

Abbildung 2 zeigt die hohe Komplexität und die große Anzahl an parallel anstehenden Prozessen, wenn ein möglicher Parkstand identifiziert wurde. Deutlich wird hierbei, dass der Fahrer dringend Unterstützung benötigt, z. B. in Form eines Systems, das die Parklücke vorher schon vermisst und ihm anzeigt, ob er den Parkstand nutzen kann oder nicht. Dabei muss er immer noch die Fahrzeugregelung berücksichtigen. Diese Methode gibt somit Anhaltspunkte für mögliche Assistenzsysteme, die der Fahrer benötigt.

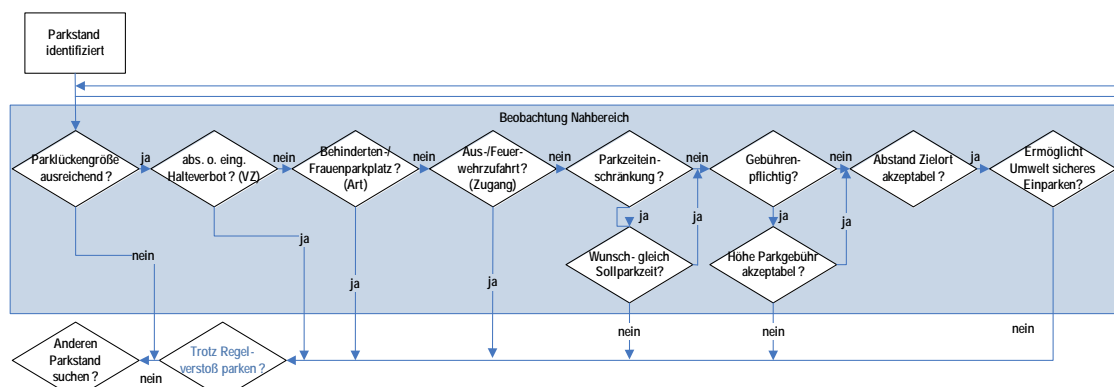


Abbildung 2: Teile eines Flussdiagramms der Parkstandsuche

Abschließend können die hier verwendeten Methoden als sehr gut bewertet werden, um frühzeitig im Entwicklungsprozess für den Fahrer notwendige Systeme zu identifizieren und auszulegen.

4. Literatur

1. ADAC November 2005, Fehlender Durchblick, ADACmotorwelt, Heft 11.
2. Lutz-Temsch, B. 2005, Von Vater überfahren, Süddeutsche Zeitung, 09.06.2005.
3. Rassl, R. 2004, Ablenkungswirkung tertiärer Aufgaben im Pkw – Systemergonomische Analyse und Prognose, Dissertation. München: Technische Universität München.
4. Riel, J. 2002, Modellierung von Störungen des Verkehrsablaufs durch Ein- und Ausparken am Fahrbahnrand, Dissertation. Kaiserslautern: Fachbereich Architektur/Raum- und Umweltplanung/Bauingenieurwesen der Universität Kaiserslautern.
5. Bubb, H. 1993, Analyse der Systemdynamik. In: H. Schmidtke (Hrsg.), Ergonomie. München: Hanser.

Fahrzeugbedienung im Alltag – eine gesamtheitliche Betrachtung

Heike SACHER¹ und Heiner BUBB²

¹ *Entwicklung Ergonomiekonzepte, AUDI AG, D-85045 Ingolstadt*

² *Lehrstuhl für Ergonomie der Technischen Universität München,
Boltzmannstr. 15, D-85747 Garching*

Kurzfassung: Ziel der Untersuchung war die Erfassung der Alltagsnutzung von Bedienelementen im Fahrzeug. Hierfür wurden zwei Versuchsfahrzeuge aufgebaut, die automatisiert die Fahrereingaben protokollieren konnten. In jeweils einwöchigen Versuchen wurden insgesamt 72 Probanden untersucht. Pro Minute werden durchschnittlich zwei Eingaben bzw. Eingabeschritte vorgenommen. Der Fokus lag auf den Funktionsgruppen Infotainment und Interaktion mit anderen Verkehrsteilnehmern.

Schlüsselwörter: Alltagsbedienung im Fahrzeug, Nutzungshäufigkeiten im Fahrzeug.

1. Motivation

Die Zahl der Fahrerinformations- und Fahrerassistenzsysteme im Fahrzeug nimmt stetig zu (Meroth & Tolg 2007), über die Nutzung im Alltag der Systeme ist jedoch wenig bekannt. In der Entwicklungsphase der Systeme werden Usability-Tests durchgeführt, die der Maximierung der Bedienfreundlichkeit und der Minimierung der Ablenkungswirkung dienen. Bezüglich der Alltagsnutzung der verschiedenen Bedienelemente gibt es aber kaum Untersuchungen. Bekannt geworden ist in den letzten Jahren eine groß angelegte Studie in den USA über das Alltagsfahrverhalten mit dem Fokus der Unfallforschung (Dingus et al. 2006).

Ziel der vorliegenden Untersuchung war es daher, die Gesamtheit der Eingabemöglichkeiten im Fahrzeug und deren Nutzung im Alltag zu betrachten.

2. Methode

Als Versuchsfahrzeuge dienten ein Audi A6 und ein Audi A8, die mit einer Einrichtung versehen wurden, die es ermöglichte, Bedieninteraktionen der Probanden zu protokollieren (Sacher & Bubb 2006). Abbildung 1 gibt die Ausstattung der Versuchsfahrzeuge wider.

Die so ausgerüsteten Versuchsfahrzeuge wurden an Probanden, die selbst privat ein Fahrzeug des gleichen Modells fuhren, für jeweils eine Woche verliehen. Zusätzlich wurden sie über ihre subjektive Fahrzeugnutzung mithilfe eines Fragebogens während der Versuchswoche und eines Interviews bei Fahrzeugrückgabe befragt (siehe Abbildung 2). Insgesamt wurden 72 Probanden untersucht, die in über 720 Stunden über 40.000 km zurücklegten. Die Versuchspersonen wurden zu gleichen Teilen in den Ballungsräumen München, Ingolstadt, Berlin, Dresden, Düsseldorf und Frankfurt angeworben. Das Durchschnittsalter der Fahrer betrug etwa 47 Jahre.

Durch die Auswahl der Probanden wurde sichergestellt, dass die Fahrer mit dem

Fahrzeugtyp vertraut waren und keine Gewöhnungseffekte untersucht wurden.



Abbildung 1: Innenraum Versuchsfahrzeuge, links Audi A8, rechts Audi A6

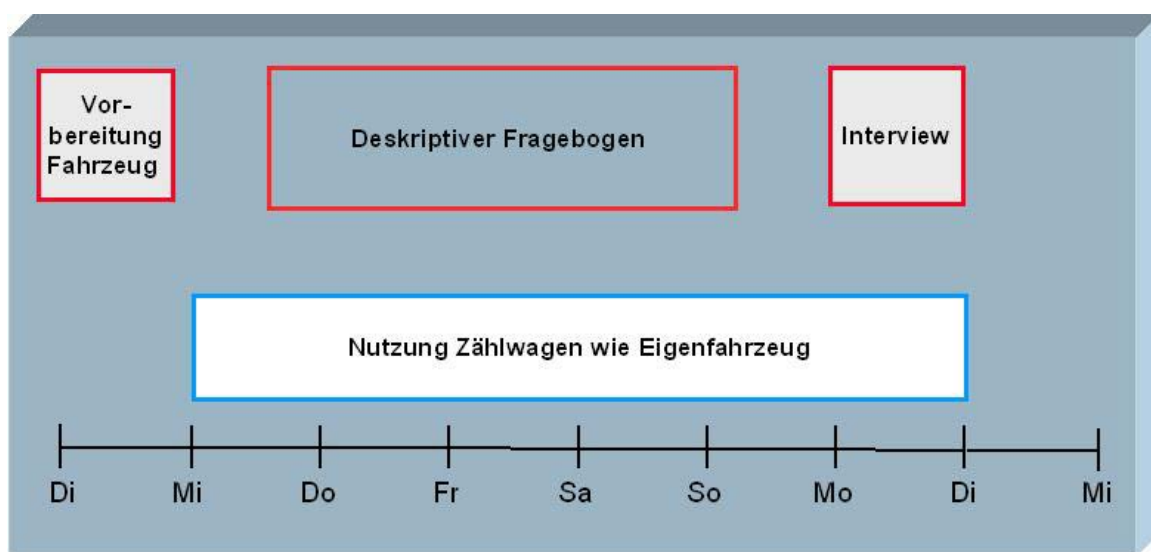


Abbildung 2: Prozentuale Verteilung der Eingabehäufigkeiten bezogen auf verschiedene Funktionsgruppen

3. Ergebnisse

Die Häufigkeit der Fahrzeugbedienung wurde auf die gefahrene Zeit normiert. Eine Normierung auf gefahrene Kilometer erwies sich als nicht sinnvoll, da hierbei die Bedienung im Stillstand nicht adäquat ausgewertet werden konnte. Im ersten Schritt wurden für jeden Probanden die Bedienfrequenz pro Eingabeelement bezogen auf seine Fahrzeit berechnet. Im zweiten Schritt wurden diese probandenbezogenen normierten Werte gemittelt. Pro Minute erfolgen im Fahrzeug durchschnittlich zwei Bedienungen. Eine Häufung der Bedienfrequenz ist vor allem bei niedrigen Geschwindigkeiten bis 50 km/h und bei Geschwindigkeiten um die 100 km/h bei gerader Streckenführung zu verzeichnen. Bei Stillstand bzw. bei Fahrtanfang kann keine kumulierte Bedienhäufigkeit registriert werden. Die Fahrer scheinen erst einmal loszufahren, bevor eine Eingabe erfolgt.

Abbildung 3 zeigt die prozentuale Verteilung der angewählten Funktionsgruppen (Sacher, in press), basierend auf der mittleren Bedienfrequenz über alle Probanden hinweg. Es ist ersichtlich, dass überwiegend im Bereich Infotainment und Signalgebung mit dem Fahrzeug interagiert wird. Im Bereich der Signale ist vor allem das

Setzen des Blinkers dominant.

Im Bereich des Infotainments ist das Verstellen der Lautstärke die häufigste Bedienung. Obwohl die Fahrzeuge mit einer automatischen geschwindigkeitsbasierten Lautstärkeanpassung ausgestattet waren, ist das Einstellen der Lautstärke sowohl gemäß den objektiven Daten als auch gemäß den subjektiven Aussagen der Probanden eine sehr häufige Interaktion im Fahrzeug.

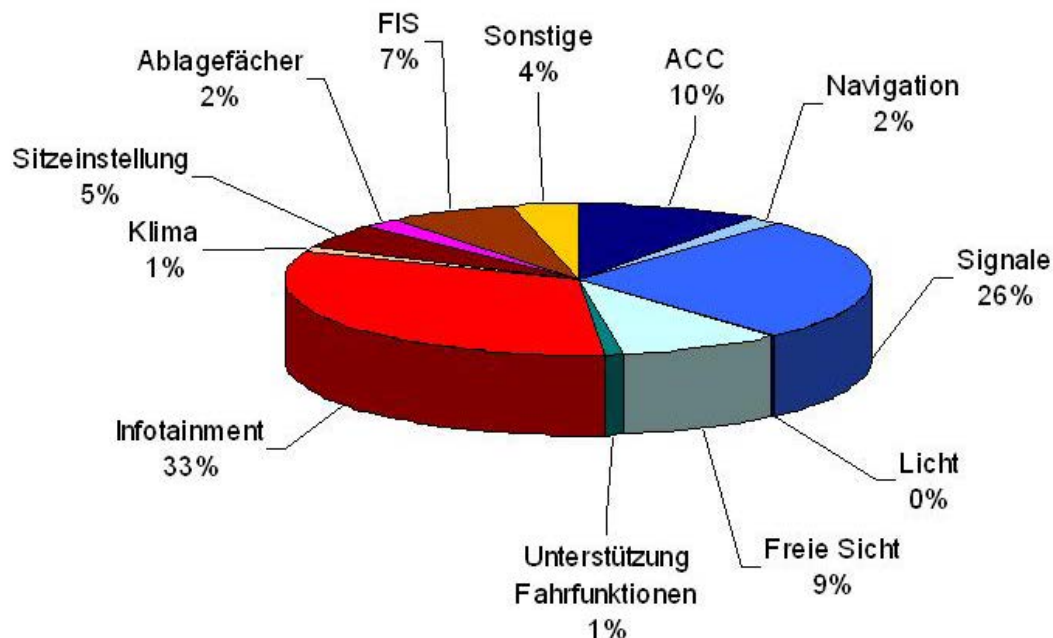


Abbildung 3: Prozentuale Verteilung der Eingabehäufigkeiten bezogen auf verschiedene Funktionsgruppen

4. Zusammenfassung und Ausblick

Die vorliegenden Ergebnisse geben einen Einblick in das Nutzungsverhalten im Alltag über alle Systeme im Fahrzeug hinweg. Dieses Nutzungsverhalten kann sich selbstverständlich, falls neue Systeme oder neue Automatismen im Fahrzeuginnenraum dazukommen, verändern. Daher wäre eine Wiederholung einer derartigen Untersuchung in regelmäßigen Abständen sinnvoll.

Interessant wäre darüber hinaus auch das Nutzungsverhalten im Erstkontakt. Hierbei wäre aber eine Untersuchungsdauer von einer Woche pro Proband zu kurz, da eine Eingewöhnungsphase sicherlich nicht innerhalb einer Woche stattfinden wird.

5. Literatur

1. Dingus, T.A., Klauer, S.G., Neale, V.L., Petersen, A., Lee, S.E., Sudweeks, J., Perez, M.A., Hankey, J., Ramsey, D., Gupta, S., Bucher, C., Doerzaph, Z.R., Jermeland, J. & Knipling, R.R. 2006, The 100 car naturalistic driving study, Phase II-Results of the 100 car field study, Report Nummer DOT HS 810 593, NHTSA.
2. Meroth, A. & Tolg, B. 2007, Infotainmentsysteme im Kraftfahrzeug. Wiesbaden: Vieweg Verlag.

3. Sacher, H. & Bubb, H. 2006, Nutzungshäufigkeiten von Funktionen in High-End-Fahrzeugen. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg.), Innovationen für Arbeit und Organisation. Dortmund: GfA Press, 75-78.
4. Sacher, H. in press, Bedienverhalten von Oberklassefahrzeugen im Alltag, Dissertation am Lehrstuhl für Ergonomie der Technischen Universität München.

Animationen im Fahrzeug GUI – Randbedingungen für deren ergonomische Gestaltung

Klaus BENGLER und Verena BROY

*BMW Group Forschung und Technik,
Hanauerstr. 46, D-80992 München*

Kurzfassung: Animationen sind nach heutigem Stand in graphischen Interaktionskonzepten ein etabliertes Gestaltungsmerkmal, um dem Benutzer die Bedienung zu erleichtern. Die besonderen Randbedingungen, die eine Bedienung von Fahrerinformationssystemen während der Fahrt zur Folge hat, erfordern eine sorgfältige Prüfung der Eignung von Animationen. In einem Okklusionsversuch konnte gezeigt werden, dass Animationen keinen negativen Effekt auf die Effizienz der Bedienung haben, wenn sie mit einer adäquaten Dauer von ca. 300 ms eingesetzt werden. Anfänger konnten in verschiedenen Aufgabentypen sogar durchschnittlich schnellere Bedienzeiten mit dem animierten System als mit dem nicht-animierten System erreichen. Die subjektive Befragung zeigte eindeutig, dass die Probanden ein animiertes Konzept bevorzugen, aber Animationen längerer Dauer nicht akzeptieren würden.

Schlüsselwörter: Produktergonomie, Informationstechnische Gestaltung.

1. Einleitung

Mittlerweile werden graphische Interaktionskonzepte von allen Premiumherstellern im Automobil eingesetzt, um dem Fahrer die Benutzung von Fahrerinformationssystemen zu ermöglichen. Mit der Integration sogenannter GUI (grafical user interface) stellt sich auch die Frage nach der Übertragbarkeit von Gestaltungsmaßnahmen aus der Domäne des Desktop-Computings in das Automobil. Es ist offensichtlich, dass hier spezielle Anforderungen zu berücksichtigen sind, um die Eignung der Anzeige für die Nutzung während der Fahrt zu gewährleisten. Empfehlungen, wie das European Statement of Principles II (Commission of the European Communities 2006) machen dies deutlich und geben differenzierte Hinweise für Gestaltung und Bewertung. Nun sind animierte grafische Darstellungen mittlerweile ein etabliertes Gestaltungsmittel für die GUI mobiler Endgeräte und Desktopsysteme. In einer automobilen Umgebung ist dabei besondere Sorgfalt geboten: „While the vehicle is in motion, visual information not related to driving that is likely to distract the driver significantly should be automatically disabled, or presented in such a way that the driver cannot see it.“ (System behaviour principle I). Andererseits bietet die Animation grafischer Elemente des GUI unter anderem das Potenzial, dem Nutzer die Orientierung im GUI zu erleichtern und den Lernprozess zu unterstützen. Es stellt sich also die Frage, unter welchen Bedingungen, Animationen in Fahrzeug GUI ohne ablenkende Nebeneffekte nutzbringend eingesetzt werden können. Beispielsweise hat die Dauer einer Animation einen entscheidenden Einfluss auf deren Gebrauchstauglichkeit und die Attraktivität des entsprechenden GUI während der Fahrt (Broy et al. 2006). Die Ermittlung einer adäquaten Animationsdauer hängt von verschiedenen Faktoren ab,

wie beispielsweise ihrer Komplexität. So wird für Desktopumgebungen eine Dauer von einer Sekunde empfohlen. Im Folgenden wird untersucht, welche Dauern von grafischen Animationen für Fahrerinformationssysteme angemessen sind.

2. Methode

Um die Fragestellung zu überprüfen, wird ein System implementiert, das die Einstellungen zur Navigationskarte über eine Animation auf deren Rückseite zugänglich macht. Das System wird über den BMW iDrive Controller gesteuert und in drei Ausprägungen realisiert: keine Animation (0ms), schnelle Animation (300ms) und langsame Animation (1500ms). Die Animationszeiten wurden durch einen informellen Test mithilfe der Okklusionsmethode ermittelt. In einem Okklusionsversuch werden die drei Systeme miteinander verglichen.

2.1 Hypothesen

Es wird vermutet, dass schnelle Animationen gerade im Erstkontakt und während höherer kognitiver Belastung eine effizientere Bedienung ermöglichen als keine Animationen. Fraglich ist, ob und ab welchem Expertengrad die Animationsdauern die Bedienung verzögern. Zusätzlich wird angenommen, dass schnelle Animationen durch Ihre Lebhaftigkeit und Inszenierung zu einer höheren Attraktivität des Systems beitragen können, aber Animationen langer Dauer nicht akzeptiert werden.

2.2 Versuchsdurchführung

Für die Untersuchung werden die Systeme in ein BMW iDrive System integriert. Als Methode wird die Okklusion herangezogen. Zwölf Probanden im Alter von 24 bis 34 Jahren mit einem Durchschnitt von 27,41 Jahren und Erfahrungen im Umgang mit technischen Geräten sowie Fahrerinformationssystemen nehmen an der Studie teil.

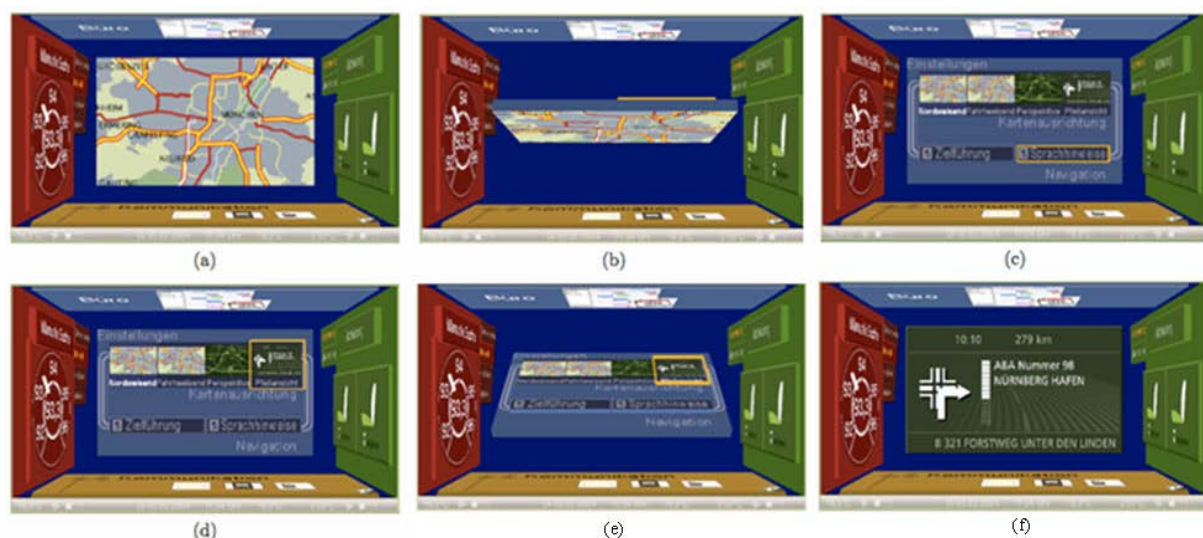


Abbildung 1: Ablauf der Versuchsaufgabe "Navigationseinstellungen anpassen" in den animierten Systemen (nach Broy 2008)

Nach dem Standardvorgehen der Okklusionsmethode wird jeder Aufgabentyp in fünf Ausprägungen durchgeführt. In dem Versuch werden drei Aufgabentypen festgelegt, im Folgenden wird exemplarisch auf den Aufgabentyp „Navigationseinstellungen anpassen“ eingegangen. Um diese zu ändern, wendet die Versuchsperson die Navigationskarte in den animierten Systemen per Tastendruck und wählt die gewünschte Option aus dem dargebotenen Menü aus, siehe Abbildung 1. In dem System ohne Animation hat die Versuchsperson den Eindruck ein Einstellungsmenü zu aktivieren.

Der Versuchsablauf erfolgt nach den Vorgaben des ISO Standards 16673. Nachdem die Versuchsperson einen demographischen Fragebogen ausgefüllt hat, wird sie im Anschluss an eine freie Exploration mithilfe der Trainingsperiode mit dem ersten System vertraut gemacht. Eine Durchführung der Aufgaben ohne und unter Okklusionsbedingungen beendet den ersten Durchgang ab. Für die anderen beiden Systeme wird analog vorgegangen, wobei System- und Okklusionsreihenfolge randomisiert werden. Abschließend werden subjektive Daten in Form von Fragebögen erhoben.

3. Ergebnisse

Für jedes System werden die Bearbeitungsdauern der Aufgabenausführungen ohne und unter Okklusionsbedingungen gemessen. Die Ergebnisse werden mithilfe eines t-Tests verglichen und sind in Abbildung 2 graphisch dargestellt.

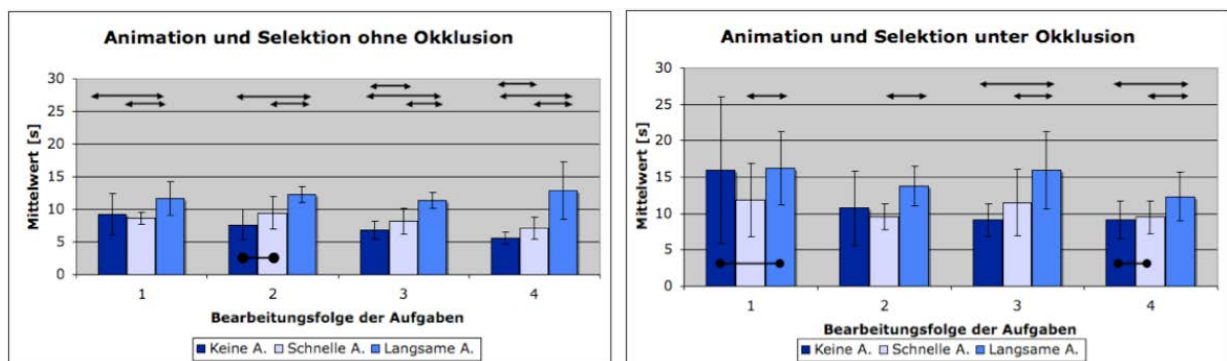


Abbildung 2: Mittelwerte und Standardabweichungen für Bediendauern mit und ohne Okklusion (nach Broy 2008)

Tabelle 1: alpha-Fehler, Mittelwerte und Standardabweichungen für die Bediendauern ohne Okklusion für keine (0ms), schnelle (300ms) und langsame (1500ms) Animationen (nach Broy 2008)

Ani Sel: Bediendauer ohne Okklusion													
α -Fehler	v	1			2			3			4		
	0	0	300	1500	0	300	1500	0	300	1500	0	300	1500
	0		0,213	0,046		0,596	0,001		0,018	0,001		0,007	0,001
	300			0,036			0,001			0,018			0,010
Mittlw. [s]		9,27	8,68	11,66	7,62	9,46	12,29	6,79	8,22	11,34	5,57	7,11	12,88
Stabw. [s]		3,19	0,91	2,53	2,37	2,55	1,18	1,34	1,97	1,17	0,95	1,71	4,41

Ohne Okklusion unterscheiden sich alle Systeme bis auf zwei Ausnahmen (vgl. Tabelle 1). Für die ersten beiden Aufgabenausprägungen kann zwischen dem schnell animierten und dem nicht animierten System kein signifikanter Unterschied festgestellt werden.

Unter Okklusionsbedingungen unterscheiden sich lediglich die langsame und die schnelle Animation in allen und das System ohne Animation und mit langsamen Animationen in den letzten beiden Ausführungen. Zwischen dem schnell animierten System und dem System ohne Animationen ist kein statistischer Unterschied nachweisbar, siehe Tabelle 2.

Tabelle 2: Alpha-Fehler, Mittelwerte und Standardabweichungen für die Bediendauern unter Okklusion für keine (0ms), schnelle (300ms) und langsame (1500ms) Animationen (nach Broy 2008)

Ani_Sel: Bediendauer unter Okklusion													
α -Fehler	v	1			2			3			4		
		0	300	1500	0	300	1500	0	300	1500	0	300	1500
	0		0,153	0,397		0,124	0,113		0,173	0,003		0,350	0,012
	300			0,036			0,001			0,018			0,010
Mittlw. [s]	1500												
		16,00	11,85	16,29	10,71	9,53	13,75	9,08	11,51	15,95	9,15	9,49	12,34
Stabw. []		10,09	5,06	5,04	5,15	1,77	2,75	2,23	4,61	5,31	2,56	2,26	3,33

Die Auswertung der subjektiven Daten zeigt, dass elf der zwölf Probanden ein animiertes System gegenüber einem nichtanimierten bevorzugen. Dabei wird eine schnelle Animation präferiert, wie Abbildung 3 zeigt. Eine langsame Animation wirkt störend und nervend.

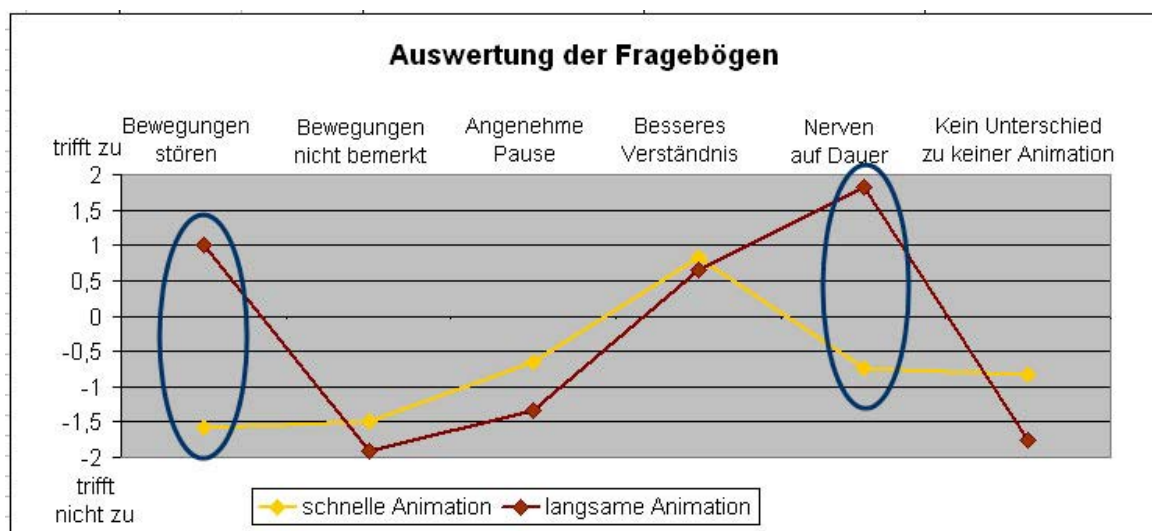


Abbildung 3: Subjektive Beurteilung der schnellen und langsamen Animation

4. Fazit

Das Experiment zeigt, dass für eine einfache Animation mit einer Dauer von ca. 300 ms keine signifikant längeren Bearbeitungszeiten gegenüber einem nicht animierten System unter fahrähnlichen Bedingungen entstehen. Lange Animationen dagegen verzögern die Bedienung und werden subjektiv abgelehnt. Animationen sollten als konzeptueller Bestandteil von Fahrerinformationssystemen daher nicht kategorisch abgelehnt werden, sondern differenziert betrachtet als konzeptueller Bestandteil mit angemessenen Dauern und Geschwindigkeiten eingesetzt werden.

5. Literatur

1. Commission of the European Communities 2006, Commission Recommendation of 22 December 2006 on safe and efficient in-vehicle information and communication systems: Update of the European Statement of Principles on human machine interface. Brussels, 22.12.2006.
2. ISO 16673 (E): 2007, Road vehicles — Ergonomic aspects of transport information and control systems — Occlusion method to assess visual demand due to the use of invehicle systems. Genf: International Organization for Standardization.
3. Broy, V., Althoff, F. & Klinker, G. 2006, Animationen für Fahrerinformationssysteme: Ablenkungspotenzial oder Steigerung der Usability?. In: Tagungsband der Fachtagung für Nutzergerechte Gestaltung Technischer Systeme, Düsseldorf, Germany, October 10 – 11.
4. Broy, V. 2008, Benutzerzentrierte, graphische Interaktionsmetaphern für Fahrerinformationssysteme, unveröffentlichte Dissertation. München: Technische Universität München.

RAMIE: Ein neuer Bezugstoff für Fahrersitze

Tülin GÜNDÜZ CENGİZ¹ und Fatih C. BABALIK²

¹ *Fachbereich Wirtschaftsingenieur, Universität Uludağ, TR-16059 Bursa*

² *Fachbereich Maschinenbau, Universität Uludağ, TR-16059 Bursa*

Kurzfassung: Bei sitzender Tätigkeit spielt der Bezugstoff des Stuhls insofern eine wichtige Rolle, dass der Bezugstoff auf das Schwitzverhalten und somit auf das Behaglichkeitsgefühl einwirkt. Das Autofahren ist eine Tätigkeit, bei der das Auto zwar fährt aber der Fahrer im Auto sitzt. Besonders bei längeren Fahrten empfinden die Fahrer das Schwitzen besonders als lästig. In den Mittelklassewagen wird oft ein Bezugstoff aus Wolle und Polyester verwendet. Ein neuer Bezugstoff, eine Mischung aus Polyester, Wolle und Ramie, verspricht bessere Ergebnisse, insbesondere in Bezug auf das Schwitzverhalten der Fahrer. Auf der, für den allgemeinen Verkehr frei gestellten Landstrasse wurden mit Ramiestoff vergleichende Testfahrten durchgeführt. Jede Testfahrt dauerte eine Stunde, so dass das Schwitzen bei den Fahrern mit Sicherheit festgestellt werden konnte. Die Probanden in den Sitzen mit Ramiestoff haben keinen Diskomfort empfunden.

Schlüsselwörter: Ramie, Thermischer Komfort.

1. Die Einführung über Ramie

Ramie (*Boehmeria nivea*) ist eine Pflanze der Familie Urticaceae, die hauptsächlich in Ost-Asien wächst. Ramie ist eine der ältesten Fasern; man benutzt sie mindestens seit sechstausend Jahren zur Stoffherstellung. Ramiefasern sind besonders bekannt für ihre Fähigkeit länger die Form halten und dem Stoff einen seidigen Glanz zu verleihen. Die Stoffe aus Ramie sind äußerst saugfähig und daher, besonders bei warmem Wetter angenehm zu tragen. Die Zugfestigkeit der Ramiefaser ist gegenüber der Baumwollfaser acht Mal und im Vergleich mit der Seide sieben Mal größer (Lu et al. 2006; Liu et al. 2001; André 2006). Seine Zugfestigkeit beträgt ca. 870 Mpa (Xu et al. 2001), die Dichte ist 1.50 g/cm³ (Wen et al. 2006) und kann bis zu 31% Feuchtigkeit absorbieren. Ramie wird meist mit anderen Fasern gemischt (z.B. 55% Ramie und 45% Baumwolle), um seine einzigartige Stärke, Saugfähigkeit und Glanz geltend machen zu können. Wenn sie mit hochwertiger Baumwolle gemischt wird, bietet sie erhöhten Glanz, Kraft und Farbe. Durch die Mischung mit der Wolle wird die Stoffschrimpung minimiert. Eine Mischung mit Polyester trägt zur Verbesserung des Faltenwiderstands bei und der Stoff wird pflegeleicht.

2. Umweltprobleme

Gemäß der europäischen Richtlinie 2000/53/EG, müssen ab 2015 85% des Gewichts eines Fahrzeugs recycelbar sein. Die Nutzung oder Beseitigung der traditionellen Composite-Strukturen (wie aus Glas, Kohlenstoff und Aramid-Fasern verstärkt mit Epoxid, ungesättigtem Polyester oder phenolischen Substanzen) werden als problematisch angesehen, da das wachsende Umweltbewusstsein und die Behörden

(Mohanty et al. 2000) die Anwendung von Naturmaterialien fordern. Natürliche Fasern spielen bei der Entwicklung von vollständig biologisch abbaubaren "grünen" Verbundwerkstoffen eine wichtige Rolle (Goda et al. 2006). Grüne Verbundwerkstoffe können synthetische Faseranwendungen ersetzen, da sie hohe Steifigkeits- und Festigkeitswerte haben (Angelini et al. 2000).

3. Die Verwendung eines neuartigen Stoffes in Autos

Der Einsatz von grünen Verbundwerkstoffen reduziert Probleme der Abfallentsorgung, deswegen finden sie verschiedene Anwendungsmöglichkeiten im Maschinenbau sowie der Elektronik- und Automotiveindustrie. Laut eines Technischen Briefes der NASA (2003) müssen die Ingenieure, die für den Umweltschutz Verantwortung tragen, alle ökologischen und ökonomischen Aspekte berücksichtigen, um wiederverwertbare Fahrzeug herzustellen. Naturfasern sind eine Alternative zu synthetischen Spinnstoffen, vor allem in der Autoindustrie, denn sie haben die gleiche Leistung bei niedrigerem Gewicht und haben zum Teil bessere mechanische Eigenschaften. Der Einsatz von Naturfasern wie Kenaf, Ramie, Jute, Flachs, Hanf und Baumwolle hat ein gutes Potenzial für Anwendungen in der Automobilindustrie. Beispielsweise werden sie in den neuesten Modellen von Mercedes, BMW, Renault, Volvo (Headliner, Wandpaneele, Kofferraumverkleidungen, Isolatoren etc.) usw. viel verwendet (André 2006). Durch die Verwendung dieser biobasierten Verbundwerkstoffe werden mechanische Festigkeit und akustische Leistung verbessert, Gewicht und Bearbeitungszeit reduziert (Chen et al. 2005). Die Naturfaserverkleidungen halten den Innenraum im Winter wärmer und im Sommer kühler. Die Wärmedämmeigenschaften dieser Materialien sind, abhängig von der Art der pflanzlichen Fasern, sehr unterschiedlich (Yachmenev et al. 2006). Natürliche Fasern sind aufgrund ihrer hohlen Struktur gute Feuchtigkeitsregulatoren, isolieren gut gegen Hitze und reduzieren Lärm und das Bauteilgewicht. Thermischer Komfort ist bei der Ergonomie-Bewertung der Fahrersitze ein wichtiger Faktor. Hier spielt der Sitzstoff eine wichtige Rolle. Ein Autositzstoff sollte widerstandsfähig gegen UV-Strahlen sein und eine hohe Abriebfestigkeit haben. Außerdem muss er langlebig, atmungsaktiv sein und die Feuchtigkeit leicht transportieren. Der Stoff aus Mischgewebe mit Naturfasern wie Ramie hat all diese Eigenschaften. In dieser Arbeit wird gezeigt, welche Einflüsse ein Sitzbezug aus mit Ramie gemischtem Stoff auf den Sitzkomfort hat.

4. Experimentelle Untersuchungen

Die Experimente wurden auf einer öffentlichen Landstrasse durchgeführt. Auf einer Landstrasse Testfahrten durchzuführen ist viel schwieriger als im Labor, in dem Versuche wiederholt werden können, wohingegen die Umweltbedingungen im Freien nicht stabil sind. Alle Experimente wurden an sonnigen Tagen in der gleichen Tageszeit zwischen 11:00 Uhr und 02:00 Uhr durchgeführt. Damit war es möglich, die Versuche unter den konstanten thermischen Bedingungen durchzuführen. Der Ramiestoff wurde von der Firma Climatex, Rohner Textil AG zur Verfügung gestellt. Dieser Stoff ist eine Mischung aus 60 % reiner Wolle, 20 % Polyester und 20 % Ramie. Die Probanden - sieben Männer und drei Frauen - haben freiwillig an den Testfahrten teilgenommen (vgl. Tabelle 1).

Tabelle 1: Stichprobenbeschreibung (M=Mittelwert, SD=Standardabweichung, 10 Probanden)

Merkmal	Kenngröße	
	M	SD
Alter	31,8	2,2
Körperhöhe (cm)	174,8	19,8
Körpergewicht (kg)	70,1	19,1
Body-Mass-Index (kg/m ²)	22,9	4,1

Die Fahrer haben bei den Testfahrten ein weißes Baumwollhemd und eine Hose getragen, wobei der Isolierungswert der gesamten Bekleidungs etwa 1,5 clo (ISO 9920) betrug. Die Experimente wurden bei einer Fahrzeuginnentemperatur von 25°C und einer Luftgeschwindigkeit zwischen 0,15 und 0,20 m/s durchgeführt. Das Testauto war ein Fiat-Marea, ausgestattet mit einer Klima-Automatik-Funktion. Die Luftaustritt erfolgte über die Fensterdüsen ("Fenster"-Modus). Um den Komfort bestimmen zu können, wurde bei jedem Versuchsteilnehmer an 8 Punkten die Hauttemperatur und an 2 Punkten die Hautfeuchtigkeit gemessen. Darüber hinaus erfolgte über eine Ratingskala die Erfassung des thermischen Empfindens. Die Messpunkte sind in Tabelle 2 dargestellt.

Tabelle 2: Messpunkte und Messparameter

Messpunkte	Objektive Messungen		Subjektive Messungen	
	Messparameter	Unit	Messparameter	Skala
Oberschenkel unten	T1o	°C	T1s	7:heiss 6:warm 5:etwas warm 4:ideal 3:etwas kühl 2:kühl 1:kalt
Oberschenkel innen	T2o		T2s	
Oberkörper unten (Bauch)	T3o		T3s	
Oberkörper seitlich rechts	T4o		T4s	
Oberkörper oben (Brust)	T5o		T5s	
Rücken unten	T6o		T6s	
Rücken oben	T7o		T7s	
Oberschenkel Gesäs	T8o		T8s	
Feuchtigkeit Brust	F1o	%	F1s	1:trocken
Feuchtigkeit Rücken	F2o		F2s	2:etwas feucht 3:feucht 4:nass

Die Messungen erfolgten über ein Par-Port System der Firma PAR- Medizintechnik, mit Windows-compatibler Software (Version 1.4.7). Die Messergebnisse wurden auf einem Laptop mitverfolgt und gespeichert. Durch die Klimaanlage wurde die Innentemperatur des Versuchautos vor Beginn des Versuches auf 25 °C und die relative Feuchtigkeit auf 50 % gebracht und während der Fahrten konstant gehalten. Die Fenster waren zu, so dass im Auto keine messbare Luftgeschwindigkeit herrschte. Während der Fahrt wurde der Fahrer in regelmäßigen Abständen aufgefordert, sein subjektives Komfortempfindung einzuschätzen. Das thermische Empfinden wurde nach ISO 7730 über eine 7-stufige Ratingskala mit den Anker „kalt“ bis "zu heiß" erfasst. Für die Feuchtigkeit wurde eine 4-stufige Ratingskala mit Anker von "trocken" bis "nass" verwendet (vgl. Tabelle 2). Die Teilnehmer fuhren einen Fiat Marea

2004. Die 66 Kilometer lange Testfahrt dauerte etwa eine Stunde. Die Teststrecke umfasste Abschnitte auf der Landstraße, sowie städtische und innerstädtische Straßen.

5. Die Ergebnisse

In dieser Studie wurden zwei verschiedene Datensätze analysiert: Objektive Messdaten und subjektive Bewertungen der Probanden. Alle Analysen wurden mit SPSS berechnet und die Korrelationen zwischen beiden Ergebnisreihen ermittelt. Wie aus Tabelle 3 hervorgeht, korrelieren nur die für den „Oberschenkel unten“ und „Oberschenkel innen“ erhaltenen objektiven und subjektiven Daten nicht signifikant miteinander.

Tabelle 3: Die Korrelation zwischen objektiven Messungen und subjektiven Befragungen

Parameter	Korrelation	p
T1o – T1s	0.076	>0.05
T2o – T2s	0.123	>0.05
T3o – T3s	0.255	<0.01
T4o – T4s	0.383	<0.01
T5o – T5s	0.453	<0.01
T6o – T6s	0.487	<0.01
T7o – T7s	0.406	<0.01
T8o – T8s	0.271	<0.01
F1o – F1s	0.187	<0.05
F2o – F2s	0.366	<0.01

In Abbildung 1 sind die Mittelwerte der Befragungsergebnisse dargestellt. Als „warm“ werden der Rücken oben, Rücken unten und Oberschenkel bezeichnet. Da diese Partien mit dem Sitzt direkt in Berührung stehen, werden sie wärmer als die anderen Partien empfunden. Dabei ist der höchste Wert 4,62 - die Probanden den bewerten den Ramiestoff somit als „neutral/ideal“.

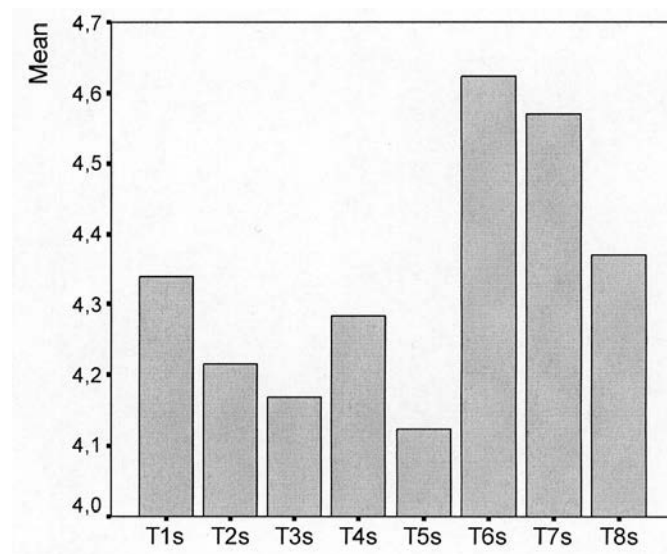


Abbildung 1: Subjektive Bewertungen für Temperaturen

Die objektiven Messwerte zeigen ebenfalls an den Messpunkten „Rücken oben“ und „Rücken unten“ die höchsten Temperaturen (Abbildung 2). Die objektiven Messwerte und die subjektiven Befragungswerte zeigen eine Parallelität zueinander. Bei 25°C Umgebungstemperatur schwankt der Hauttemperatur zwischen 33,3° und 35,5°C.

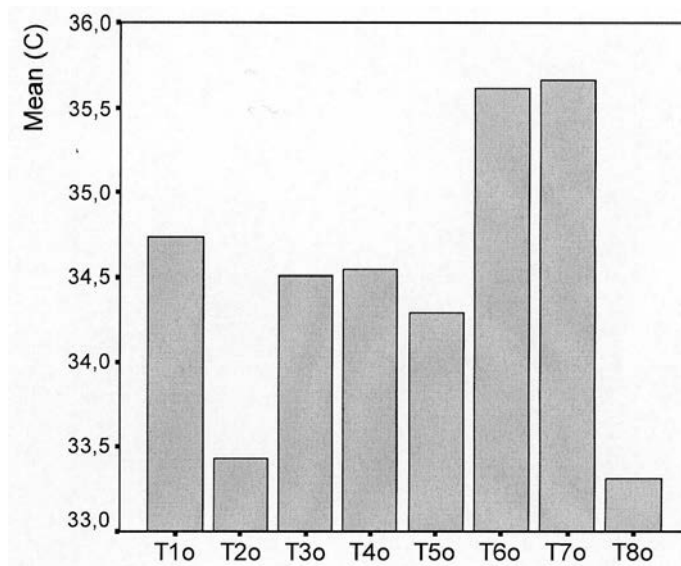


Abbildung 2: Objektive Ergebnisse für Temperaturen

Bei der Bewertung des Feuchtigkeitsgefühls antworteten die Probanden, dass sie die Brust trockener empfinden als den Rücken (Abbildung 3).

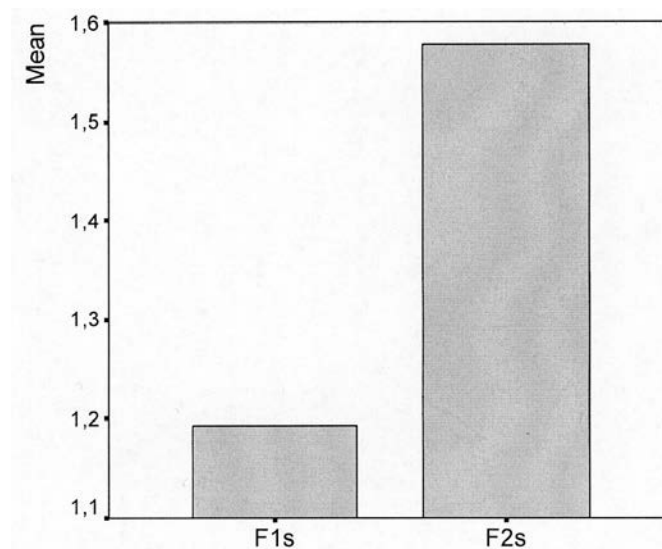


Abbildung 3: Subjektive Bewertungen für Feuchtigkeit (F1s: Feuchtigkeit Brust; F2s: Feuchtigkeit Rücken)

Auch die Messergebnisse zeigen den gleichen Verlauf (vgl. Abbildung 4). Da der Rücken ständig mit dem Sitz in Berührung steht, wird er feuchter als der Bauch eingeschätzt. Abschließend lässt sich sagen, dass die Probanden in den Sitzen mit Ramiestoff keinen Diskomfort empfunden haben und sich damit der Ramiestoff als Sitzstoff empfiehlt

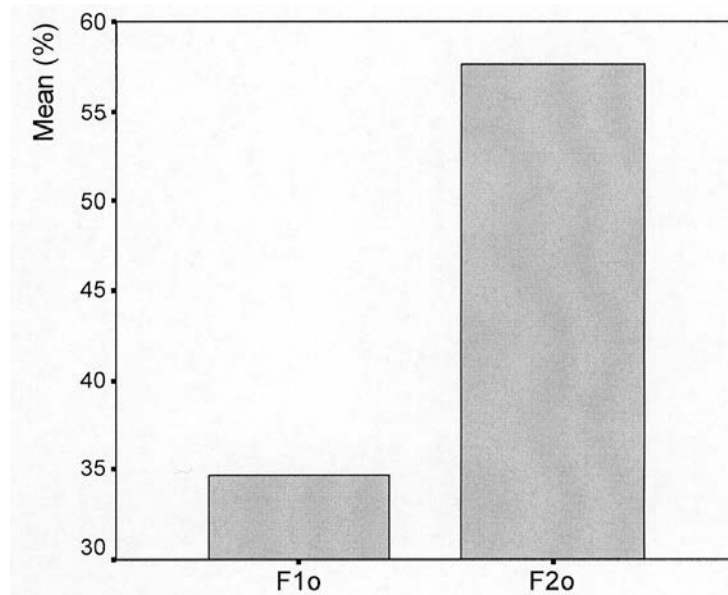


Abbildung 4: Objektive Ergebnisse für Feuchtigkeit (F1o: Feuchtigkeit Brust; F2o: Feuchtigkeit Rücken)

6. Literatur

1. André, A. 2006, Fibres for Strengthening of Timber Structures, Research Report. Luleå, Sweden: Luleå University of Technology, Department of Civil and Environmental Engineering, Division of Structural Engineering, ISSN, 1402-1528.
2. Angelini, L.G., Lazzeri, A., Levita, G. Fontanelli & D. Bozzi, C. 2000, Ramie (*Boehmeria nivea* (L.) Gaud.) and Spanish Broom (*Spartium junceum* L.) fibres for composite materials: agronomical aspects, morphology and mechanical properties, *Industrial Crops and Products*, 11, 145–161.
3. Chen, Y., Sun, L. Chiparus, O., Negulescu, I., Yachmenev, V. & Warnock, M. 2005, Kenaf/Ramie composite for automotive headliner, *Journal of Polymers and the Environment*, 13, 107-114.
4. EU Directives 2000, Official Journal of the European Communities, Directive 2000/53/EC of the European Parliament and of the Council, L 269/34.
5. Goda, K., Sreekala, M.S., Gomes, A., Kaji, T. & Ohgi, J. 2006, Improvement of plant based natural fibers for toughening green composites—Effect of load application during mercerization of ramie fibers, *Composites: Part A: Applied Science and Manufacturing*, 37, 2213-2220.
6. ISO 7730: 1994, Moderate thermal environments – determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort. Geneva: International Standards Organisation.
7. ISO 9920: 1995, Ergonomics of the thermal environment - Estimation of the thermal insulation and evaporative resistance of a clothing ensemble. Geneva: International Standards Organisation.
8. Liu, F., Liang, X., Zhang, N., Huang, Y. & Zhang, S. 2001, Effect of growth regulators on yield and fiber quality in ramie (*Boehmeria nivea* (L.) Gaud.), *China Grass, Field Crops Research*, 69, 41-46.
9. Lu, Y., Weng, L. & Cao, X. 2006, Morphological, thermal and mechanical properties of ramie crystallites—reinforced plasticized starch biocomposites, *Carbohydrate Polymers*, 63, 198–204.
10. Mohanty, A.K., Misra, M. & Hinrichsen, G. 2000, Biofibres, biodegradable polymers and biocomposites: An overview, *Macromolecular Materials and Engineering*, 276/277, 1-24.
11. Xu, R., Xu, W., Fan, Y. & Luo, L. 2001, Mechanical properties of ramie/LLDPE laminate, *Fuhe Cailiao Xuebao/Acta Materialia Compositae Sinica*, 18, 23-28.
12. Yachmenev, V., Negulescu, I. & Yan, C. 2006, Thermal insulation properties of cellulosic-based nonwoven composites, *Journal of Industrial Textiles*, 36, 73-87.
13. Wen, L., Wen-Guang, L. & Chao, R. 2006, Effect of volume fraction of ramie cloth on physical and mechanical properties of ramie cloth/UP resin composite, *Transactions of Nonferrous Metals Society of China*, 16, 474-477.

Ganzheitliche Betrachtung des Schaltkomforts bei Fahrzeuggetrieben

Wilfried WESSEL und Thomas MAIER

*Institut für Konstruktionstechnik und Technisches Design (IKTD,)
Forschungs- und Lehrgebiet Technisches Design,
Universität Stuttgart, Pfaffenwaldring 9, D-70569 Stuttgart*

Kurzfassung: Trotz der langen Geschichte des Automobils gibt es bis heute keine wissenschaftlich fundierte Methode, den Schaltkomfort bei Fahrzeuggetrieben ganzheitlich und objektiv zu bewerten. Obwohl die automatischen oder automatisierten Getriebe vom Pkw bis zum Lkw auch in Europa auf dem Vormarsch sind, werden die handgeschalteten Getriebe weiterhin eine Bedeutung haben. Das Handschalten verlangt allerdings zum einen eine gewisse physische Arbeit. Zum anderen muss der Fahrer die zum Schalten gehörende Informationsverarbeitung als kognitive Arbeitsleistung erbringen. Dazu kommen aufgrund der gestiegenen allgemeinen Komfortansprüche durch die Kunden bzw. Fahrer erweiterte Anforderungen an das Handschalten. Bisherige Ansätze haben häufig einen technozentrisch geprägten Fokus auf die einzelnen Subsysteme Außenschaltung, Übertragungselemente, Innenschaltung und Getriebe des Teilsystems Schaltanlage gesetzt. Die Hypothese dieser Forschungsarbeit ist, dass durch die ganzheitliche Betrachtung der Einflussgrößen des Gesamtsystems aus Fahrzeugführer, Schaltanlage und ihrer Umgebung, der empfundene Schaltkomfort und damit auch die Fahrer-Belastungen beim dynamischen Vorgang des Handschaltens quantifizierbar und reproduzierbar bestimmbar ist. Die dabei ermittelten Design-Kriterien und ihre Gewichtung, so die weitere Behauptung, ermöglichen zukünftig einen erweiterten Focus für die Entwicklung von optimierten Fahrzeug-Cockpits und Schaltanlagen. Im Rahmen dieses Beitrags wird ein Überblick über die Zusammenhänge der bisher identifizierten Design-Kriterien gegeben.

Schlüsselwörter: Manuelles Schalten, Schaltkomfort.

1. Einleitung

Bei der klassischen Optimierung des Schaltkomforts manuell geschalteter Getriebe durch Ingenieure spielen hauptsächlich Parameter wie Kräfte, Wege und Zeiten eine Rolle. Bei der Betrachtung der involvierten Wirkungskette (siehe Abbildung 1) wird der Fahrer häufig ausgeschlossen oder auf seine physikalischen Eigenschaften reduziert. Zur Bewertung der Schaltqualität dient bis heute ein inzwischen veraltetes lineares Modell von Komfort und Diskomfort. In der heutigen Zeit stellt der Fahrer allerdings gehobeneren Komfortansprüche. Somit sind auch andere Einflüsse zur Verbesserung des Schalterlebnisses zu untersuchen. In diesem Beitrag wird unterschieden zwischen Voraussetzungen im Fahrerhaus und dem Schalten im eigentlichen Sinne.

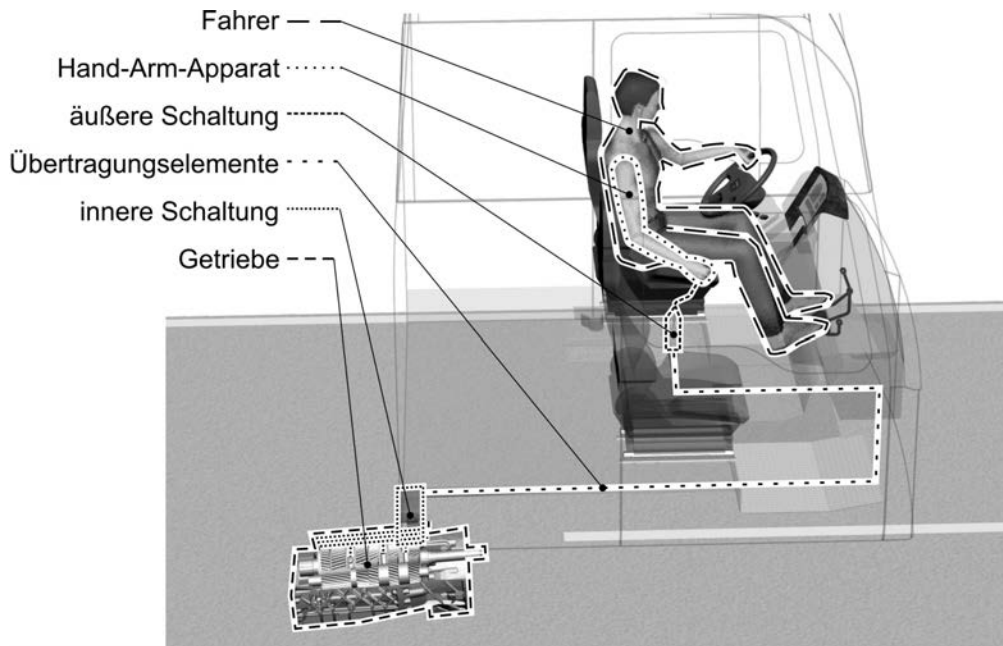


Abbildung 1: Wirkungskette beim Handschalten in einem LkW für den Fernverkehr (Wessel 2003)

2. Komfort und Diskomfort

Eine Bewertung von Komfort mittels einer linearen Skala, wobei Diskomfort und Komfort die beiden Extrema sind, ist überholt. Hauptsächlich zwei Ansätze werden heutzutage herangezogen. Der eine Ansatz stammt unter anderem von Zhang (Zhang et al. 1996), der Diskomfort und Komfort als voneinander getrennte Dimensionen ansieht. Danach wird Diskomfort als Erleiden und Komfort als Gefallen angesehen. Somit ist das Verhindern von Erleiden nicht genug, sondern es müssen zusätzliche Anstrengungen unternommen werden, das Wohlbefinden zu steigern. Ein zweiter Ansatz stammt von Kano zur Betrachtung der Kundenzufriedenheit. Ein Kriterium kann auf einer von drei in einer zweidimensionalen Ebene liegenden Kurven liegen. So gibt es je eine Kurve für Basisanforderungen, Leistungsanforderungen und Begeisterungsanforderungen. Ansätze zur Kombination beider Modelle existieren, sollen jedoch hier nicht weiter behandelt werden (Dylla 2006; Knoll 2006).

3. Design-Kriterien der Getriebeschaltung

3.1 Voraussetzungen im Fahrerhaus

Die grundlegendste Voraussetzung ist offensichtlich die Erreichbarkeit des Schalthebels. Es kann allerdings festgestellt werden, dass dies auch in heutigen Fahrzeugen noch nicht uneingeschränkt gelöst ist. Die gilt im Besonderen für Personen Bereich der 5-perzentilen Frau oder des 95-perzentilen Mann. Verschärfte Anforderungen für das Komfortempfinden sind nämlich zum einen, dass keine Rumpfbewegung beim Schalten stattfinden soll, also auch der Schulterkontakt zur Sitzlehne bestehen bleibt. Zum anderen ist eine komplette Streckung des Hand-Arm-Systems zu vermeiden. Moderne Ergonomietools wie RAMSIS sollten es ermöglichen, solche Probleme schon in der frühen Konzeptphase einer Entwicklung zu vermeiden.

Wichtig für die Bildung eines mentalen Modells der Getriebeschaltung ist die Erkennbarkeit des Schaltbilds und der Betätigungsmöglichkeiten. Insbesondere bei schweren

Lkw-Getrieben mit zusätzlicher Split- und Bereichsgruppe ist dies von Bedeutung. Eine Möglichkeit ist ein Piktogramm auf dem Schalthebel. Es ist aber auch wichtig die mechanische Ausführung der Schaltung erwartungskonform zu gestalten. Eine Basisanforderung dabei ist das Vermeiden einer Schaltbildverzerrung (ZF 1999).

Zum Gefallen trägt die optische Integration des Schalthebels in das Gesamtdesign des Cockpits bei. Dies ist eine vornehmlich gestalterische Aufgabe, welche jedoch stark durch ergonomische, insbesondere haptische Anforderungen begrenzt ist. Es gibt auch Indizien, dass allein die Gestaltung einer angenehmen Fahrumgebung den Schaltkomfort steigern könnte (Knoll 2006). Dasselbe gilt für den Sitz. Diese Punkte sollen hier aber nicht vertieft werden.

3.2 Schalten im eigentlichen Sinne

Schalten teilt sich bei heutigen synchronisierten Getrieben mit klassischem H-Schaltbild in folgende Teilschritte auf:

- Kupplungskörper ausfädeln, Ausrasten, Gang abwählen
- In Wählgasse einrasten, Schaltgasse auswählen, Schaltgasse anwählen
- Synchronisierung, durchschalten, dabei Kupplungskörper einfädeln
- Anschlag, einrasten

Das somatosensorische Empfinden ist ein starker Einflussfaktor für das Gefallen und damit das Komfortempfinden. Es soll hier unterschieden werden zwischen dem Spüren der Schaltkräfte, -wege und -zeiten sowie der Gestaltung des Schalthebels, also der Haptik. Mit Sicherheit ist gerade durch letztere eine Steigerung des Komforts möglich, wird jedoch hier nicht weiter ausgeführt.

Schaltkräfte sind starke Schwerpunkte von Untersuchungen. Allerdings beschränkt man sich hierbei meist auf die Synchronisierung. Auch der Anschlag am Ende wird untersucht. Informationen darüber können der einschlägigen Fachliteratur entnommen werden (VDI 1991, 1995, 1998, 2001, 2004, 2006). Den Kraft-Weg-Verläufen für die Abwahl und Auswahl eines Ganges wird meist eine geringere Gewichtung zuteil bzw. lassen sich kaum Veröffentlichungen finden. Daher bieten diese Punkte interessante Untersuchungsmöglichkeiten.

In diesem Zusammenhang soll auf die Problematik der Bestimmung der physischen Belastung auf den Menschen hingewiesen werden. Häufig wird der Mensch bzw. das Hand-Arm-System, wie eingangs erwähnt, nur als einfaches Masse-Dämpfer-System betrachtet. Welche Energie bzw. Muskelarbeit zum Schalten nötig ist, wird dabei meist nicht untersucht oder zu stark vereinfacht. Die Reduzierung auf Massen und ihren Beschleunigungen reicht aber nicht aus. Deutlich wird dies in zwei Fällen. Zum einen ist auch bei statischen Arbeiten, also ohne Beschleunigungen, Muskelarbeit nötig. Zum anderen wird häufig von einer aufzubringenden Synchronisierungskraft gesprochen, die den Menschen belasten soll. Beim hochdynamischen Vorgang des Schaltens laufen jedoch Beschleunigungen und Abbremsungen des Hand-Arm-Systems in kürzester Zeit ab. Synchronisierungszeiten von $\leq 0,3$ s sind ein Beispiel. Die Massenträgheit spielt hier sicherlich eine Rolle und somit ergibt sich ein kombiniertes Problem aus Bewegungsenergie und Muskelarbeit.

Ein weiteres Kriterium stellt Sinnfälligkeit des Schaltbilds dar. Als Extrem mag eine lineare Anordnung der Schaltpositionen dienen, mit hohen Gängen in Fahrtrichtung und niedrigen Gängen bzw. Rückwärtsgang entgegengesetzt (Raisch 2002). Die Erkennung, in welchem Gang sich das Getriebe aktuell befindet, ist dann jedoch vor allem bei Lkw mit ≥ 12 Gängen sicher schwierig. Hier besteht ein zu lösender Konflikt zwischen zwei kognitiven Aspekten. Im Moment ist ein mehrfach belegtes H-Schaltbild die vorherrschende Lösung. Aber sicher könnten hier interessante Untersuchungen stattfinden.

Information des Fahrers über den aktuellen Zustand der Schaltung kann als Komfortkriterium dienen. Zum einen sind dies Information über den Gang an sich. In welchem Gang befindet sich das Getriebe? Ist es der ideale Gang? Die Wahl welcher anderen Gänge ist möglich? Welcher Gang ist aktuell sinnvoll, z.B. aus wirtschaftlichen Gründen oder aber Leistungsgründen? Ein passives System, das diese Informationen nur auf Fahrerwunsch liefert, mag komfortabler empfunden werden als ein aktives, das beispielsweise bei einer Zustandsänderung sofort auf sich Aufmerksam macht. Als Beispiel mag zum einen eine visuelle Anzeige im Kombiinstrument dienen, zum anderen ein akustisches Signal. Nicht nur letzteres ist aktueller Forschungsgegenstand.

Beim anderen Informationsinhalt handelt es sich um das Schalten selbst, also um die aktuellen Zustände während des Schaltens. Der oben beschriebene Schaltvorgang und seine einzelnen Teiltätigkeiten sind im Normalfall allerdings kürzer als die menschliche Reaktionszeit. Daher muss angenommen werden, dass der Schaltvorgang, bewusst oder unbewusst, vor dem eigentlichen Schalten geplant wird und dann automatisiert ausgeführt wird. Charakteristische Punkte, wie Rasten oder Anschläge, führen somit wohl eher durch das Empfinden bei wiederholtem Schalten über längere Fahrtstrecken zu einem (Dis-)Komforteindruck.

Ähnlich verhält es sich mit den Schaltgeräuschen. Hierbei sind nicht Geräusche aus dem Getriebe gemeint, welche als Basisanforderung generell nicht bis zum Fahrer vordringen sollten. Vielmehr sollen darunter Geräusche verstanden werden, die direkt an der äußeren Schaltung entstehen. Es gibt Hinweise, dass unabhängig vom Schaltkraftverlauf, allein eine veränderte Geräuschcharakteristik das Kraftempfinden beeinflusst.

4. Literatur

1. Dylla, S. 2006, Einfluss von Schwingungsparametern auf den Schaltbetätigungskomfort von Fahrzeugen mit Handschaltgetriebe, VDI-Berichte 1943. Düsseldorf: VDI Verlag, 263 ff..
2. Knoll, C. 2006, Einfluss des visuellen Urteils auf den physisch erlebten Komfort am Beispiel von Sitzen, Dissertation am Lehrstuhl für Ergonomie der TU München. München: Technische Universität München.
3. Raisch, S. 2002, Bewertung der Schaltbarkeit von vier manuell geschalteten LKW-Getrieben, unveröffentlichte Studienarbeit. Stuttgart: Institut für Konstruktionstechnik und Technisches Design.
4. VDI Wissensforum IWB GmbH (Hrsg.) 1991, Getriebe in Fahrzeugen, VDI-Berichte 878. Düsseldorf: VDI.
5. VDI Wissensforum IWB GmbH (Hrsg.) 1995, Getriebe in Fahrzeugen, VDI-Berichte 1175. Düsseldorf: VDI.
6. VDI Wissensforum IWB GmbH (Hrsg.) 1998, Getriebe in Fahrzeugen, VDI-Berichte 1393. Düsseldorf: VDI.
7. VDI Wissensforum IWB GmbH (Hrsg.) 2001, Getriebe in Fahrzeugen, VDI-Berichte 1610. Düsseldorf: VDI.
8. VDI Wissensforum IWB GmbH (Hrsg.) 2004, Getriebe in Fahrzeugen, VDI-Berichte 1827. Düsseldorf: VDI.
9. VDI Wissensforum IWB GmbH (Hrsg.) 2006, Getriebe in Fahrzeugen, VDI-Berichte 1943. Düsseldorf: VDI.
10. Wessel, W. 2003, Darstellung des Schaltkomforts von zwei ZF-Nkw-Getrieben in MAN-Nutzfahrzeugen mit Hilfe eines virtuellen Mensch-Modells, unveröffentlichte Studienarbeit. Stuttgart: Institut für Maschinenkonstruktion und Getriebekonstruktion.
11. ZF Friedrichshafen AG 1999, Getriebeeinbau, Richtlinien für den Einbau von Handschaltgetrieben in Nutzfahrzeuge. Friedrichshafen: ZF Friedrichshafen AG.
12. Zhang, L., Helander, M. & Drury C. 1996, Identifying factors of comfort and discomfort in sitting, Human Factors, 38, 377-389.

Biomechanische Analyse der Ein- und Ausstiegsbewegung von PKW-Fahrern

Raphael BICHLER¹, Ralf KAISER¹ und Ansgar SCHWIRTZ²

¹ BMW Group, Knorrstrasse 147, D-80788 München

² Lehrstuhl für Biomechanik des Sports, Technische Universität München, Connollystrasse 32, D-80809 München

Kurzfassung: Die Abmessungen des Fahrzeug-Interieurs und -Exterieurs beeinflussen die Bewegungsausführung sowohl beim Einsteigen in einen PKW als auch beim Aussteigen. Mit den Abmessungen verändert sich auch die Belastungssituation für den menschlichen Bewegungsapparat. Allerdings ist nur wenig über die Art und die Lokalisation der dabei im Fahrer wirkenden Beanspruchung bekannt. In einer derzeit laufenden Untersuchung soll diese sowie ihre Abhängigkeit zur Körpergröße der Probanden und zum Fahrzeugtyp geklärt werden. Die Versuche zeigen, dass Probanden die Beanspruchung in drei Kategorien auflösen: Als muskuläre Beanspruchung, als durch Gelenkwinkelstellung induzierten Diskomfort und als Druckschmerz durch den Kontakt mit Fahrzeugkomponenten. Aus einem Vorversuch zum Vergleich zwischen den Fahrzeugtypen Roadster und Geländewagen folgt, dass nach einer Vielzahl von Ein- und Ausstiegen in einen Roadster die durch Gelenkwinkel- und Muskelarbeit hervorgerufene Beanspruchung von den Probanden mehrheitlich im Rücken und dem linken Bein wahrgenommen wird, während sich beim Geländewagen das rechte Bein als kritisches Körperteil ergibt. Der Engpass in der Bewegung, in dem fast jeder Proband eine Beanspruchung seines Muskel-Skelett-Apparates angegeben hat, ist beim Einstieg das Absenken der Hüfte auf den Sitz, beim Ausstieg das Aufstehen von der Sitzposition in den Stand. Beim Ausstieg aus einem Roadster scheint zudem noch das Ausstellen des linken Beines aus dem Fahrzeug eine kritische Rolle zu spielen.

Schlüsselwörter: Einstieg, Ausstieg, Biomechanik, Beanspruchung.

1. Einleitung

In Deutschland steigen täglich Millionen von Menschen beruflich oder privat bedingt in einen PKW ein und wieder aus, dennoch verwenden sie kaum einen Gedanken auf diese scheinbar alltäglichen Bewegungen. Sobald aber Probleme auftreten - sei es, weil das Fahrzeug ungünstige Abmessungen im Verhältnis zur Körpergröße aufweist oder weil körperliche Einschränkungen aufgetreten sind, die das gewohnte Ein-/Aussteigen verhindern - rückt der Ein-/Ausstieg negativ ins Bewusstsein der Fahrer.

Zur Vermeidung dieses Eindrucks wird in der Fahrzeugentwicklung darauf geachtet, dass möglichst jeder Kunde einen weitestgehend komfortablen und beanspruchungsarmen Ein- und Ausstieg vorfindet. Dazu muss von Seiten der Ergonomie schon in der frühen Phase des Entwicklungsprozesses eine zum Fahrzeugprojekt passende geometrische Maßvorgabe für den Ein-/Ausstiegsbereich abgegeben wer-

den. Darüber hinaus findet eine begleitende Bewertung des sich während des gesamten Entwicklungsprozesses oftmals verändernden Maßkonzepts statt.

Nun beeinflussen Fahrzeugmaße wie Schwellerhöhe und -breite, Dachhöhe oder die Positionen von A- und B-Säule die Güte des Ein-/Ausstiegs nicht nur mit ihren absoluten Werten. Mindestens ebenso entscheidend ist auch ihre relative Lage zueinander (Rodriguez 2004; Eberle et al. 2007). Die Vielzahl von relevanten Komponenten einerseits und ihr komplexes Zusammenspiel andererseits machen es so fast unmöglich, den Ein-/Ausstieg nur anhand von Maßtabellen zu bewerten.

Deshalb soll in der Weiterentwicklung der entsprechenden Ergonomievorgaben und Bewertungsmethoden bei BMW der Fokus auf die biomechanischen Vorgänge im Menschen gelegt werden. Ziel ist es, ein virtuelles Werkzeug zu schaffen, das die Bewegung des Menschen für eine beliebige Fahrzeugkonfiguration simuliert und biomechanische Parameter quantitativ berechnet. Die Versuchsergebnisse sollen die kritischen Parameter aufdecken, anhand derer eine Bewertung der simulierten Bewegung erfolgen kann.

2. Methodik

Zurzeit findet eine Versuchsreihe zum Ein- und Ausstieg am BMW Forschungs- und Innovationszentrum in München statt. Sie soll Aufschluss darüber geben, welche Parameter der Beanspruchung des menschlichen Bewegungsapparates bewusst wahrgenommen werden, welche Körperregionen betroffen sind und welche Bewegungsphasen des Ein-/Ausstiegs als kritisch angesehen werden. Der Einfluss der Fahrzeuggeometrie wird anhand der Fahrzeugtypen Roadster, Limousine und Geländewagen untersucht. Außerdem soll die Frage geklärt werden, ob sich die Wahrnehmung der Beanspruchung zwischen älteren und jüngeren Personen unterscheidet. Dies wird anhand eines Fragebogens erfragt, der in einem Vorversuch getestet wurde. Dabei wurde auch die Zahl von Ein- und Ausstiegen festgelegt, denn eine mehrmalige Bewegungswiederholung soll eine Sensibilisierung der Probanden bewirken und durch Ermüdung hervorgerufene Engpässe aufdecken.

2.1 Versuchspersonen

Untersucht werden die Gruppen des 5., 50. und 95. Körpergrößen-Perzentil Deutschlands mit Bezugsjahr 2008. Das Alter der Versuchspersonen wird ebenfalls berücksichtigt, die Unterteilung erfolgt in die Altersgruppen 20-55 Jahre und 55+ Jahre. Etwa 80% der Autofahrer verwenden die so genannte Schlüpf-Strategie für den Einstieg (Rigel 2004), deshalb werden als Probanden nur Personen ausgewählt, die diese Strategie verwenden. Der Vortest zeigte, dass damit auch eine einheitliche Ausstiegsstrategie einhergeht.

2.2 Versuchsdurchführung

Die Versuche finden an Realfahrzeugen der Marke BMW statt. Für die Klasse der Roadster wurde der Z4 ausgewählt, der X5 repräsentiert die Klasse der Geländewagen (SUV). Beide Modelle weisen in ihren ein- und ausstiegsrelevanten Maßen den größtmöglichen Unterschied zueinander auf (Eberle et al. 2007). Die 3er Limousine wurde stellvertretend für diese Klasse gewählt, weil sie die verkaufsstärkste BMW-Limousine ist.

Vor der Versuchsdurchführung wird getestet, ob der Proband die Einstiegsstrategie Schlüpfen verwendet. Ist dies der Fall, absolviert er zwei standardisierte Tests (Bös 2001) zu Gleichgewicht und Beweglichkeit, damit seine motorischen Fähigkeiten eingeschätzt werden können. Danach folgt ein zehnmaliges Ein- und Aussteigen, damit die Versuchsperson ihre Bewegung dem Fahrzeugtyp anpassen kann. Im weiteren Verlauf folgen Fragen zur Ein- und Ausstiegsbewegung, die sich zum einen auf die Wahrnehmung der Beanspruchung in verschiedenen Körperregionen beziehen, zum anderen auf störende Fahrzeugkomponenten. Für die Beantwortung jeder Frage hat der Proband drei Ein- bzw. Ausstiege zu absolvieren. Dies summiert sich zu 55 Ein- und Ausstiegen, auf die abschließend Fragen zur Gesamtbewertung des Ein- und Ausstiegs sowie zur Lokalisation und Definition der Gesamtbeanspruchung folgen.

3. Ergebnisse

Zum Zeitpunkt dieses Beitrages ist die Durchführung der Versuche noch nicht abgeschlossen, deshalb werden an dieser Stelle nur die Ergebnisse des Vortests dargestellt. In diesem wurden 6 Personen zum Ein- und Ausstieg in ein SUV befragt und 7 Personen zum Ein- und Ausstieg in einen Roadster. Die Körpergröße der Probanden betrug zwischen 172 cm und 189 cm.

Die abschließende Frage zu spürbar beanspruchten Körperregionen nach allen 55 Ein- und Ausstiegen zeigt ein deutliches Bild. Schmerzen durch den Kontakt mit Fahrzeugkomponenten haben beim SUV 4 der 6 Personen, beim Roadster 3 der 7 Personen. Dabei tritt der unangenehme Kontakt im Roadster nur am rechten Oberschenkel beim Durchfädeln des Beines unter dem Lenkrad auf, im SUV dagegen durch einen Kontakt der linken Wade mit dem Schweller und dem Druck der Sitzkante auf den Oberschenkel. Dementsprechend ist im SUV ein zu großes Maß in X- und Y-Richtung zwischen SRP und Schweller-Außenkante für den Druckschmerz verantwortlich, im Roadster ein zu kleines Maß in Z-Richtung zwischen Lenkradkranz und Sitzoberfläche.

Für die muskuläre und durch Gelenkwinkelstellung hervorgerufene Beanspruchung (Tabelle 1) geben 3 von 6 Versuchspersonen nach den Versuchen mit dem SUV das rechte Bein an. Keiner erwähnt das linke Bein oder den Rücken. Für den Roadster dagegen geben 4 von 7 Probanden den Rücken und das linke Bein als am meisten beansprucht an, nur eine Person das rechte Bein.

Tabelle 1: Übersicht über die muskuläre und die durch den Gelenkwinkel hervorgerufene Beanspruchung nach 55 Ein- und Ausstiegsvorgängen

Fahrzeugklasse	Lokalisation	Nennung durch
SUV (6 VPn)	Rechtes Bein	3 VPn
SUV (6 VPn)	Linkes Bein	0 VPn
SUV (6 VPn)	Wirbelsäule/Rücken	0 VPn
Fahrzeugklasse	Lokalisation	Nennung durch
Roadster (7 VPn)	Rechtes Bein	1 VPn
Roadster (7 VPn)	Linkes Bein	4 VPn
Roadster (7 VPn)	Wirbelsäule/Rücken	4 VPn

Die Antworten auf die vorhergehenden Fragen zum Einstieg und Ausstieg beim

Roadster weisen darauf hin, dass für die Beanspruchung des Rückens hauptsächlich der Einstieg verantwortlich ist, für das linke Bein dagegen der Ausstieg. Beim SUV ergibt der Vorversuch bezüglich der Zuordnung der Beanspruchung zu Einstieg und Ausstieg kein klares Bild.

Als kritische Bewegungsphasen des Einstiegs (Tabelle 2) sehen alle Probanden in beiden Fahrzeugen das Absenken der Hüfte auf den Sitz (P3e). Die anderen Phasen werden nicht oder nur von einer Versuchsperson genannt. Ein ähnliches Bild ergibt sich für den Ausstieg (Tabelle 3). Hier fällt allerdings auf, dass drei Probanden zusätzlich das Ausstellen des linken Beines aus dem Fahrzeug (P2a) als kritisch angegeben haben.

Tabelle 2: Nennung der kritischen Belastungsphasen beim Einstieg durch die Versuchspersonen

Fahrzeug	P1e	P2e	P3e	P4e	P5e
X5 (6 VPn)	0 VPn	1 VPn	6 VPn	0 VPn	1 VPn
Z4 (7 VPn)	0 VPn	1 VPn	7 VPn	1 VPn	1 VPn

Tabelle 3: Nennung der kritischen Belastungsphasen beim Ausstieg durch die Versuchspersonen

Fahrzeug	P1a	P2a	P3a	P4a	P5a
X5 (6 VPn)	1 VPn	1 VPn	5 VPn	0 VPn	0 VPn
Z4 (7 VPn)	1 VPn	3 VPn	7 VPn	0 VPn	0 VPn

4. Ausblick

Die Durchführung des Vortests hat wichtige Erkenntnisse für die Planung und Durchführung des Hauptversuchs geliefert. Außerdem zeigen die Ergebnisse, dass für die ergonomische Bewertung unterschiedlicher Fahrzeugkonzepte nicht nur unterschiedliche Bewertungsmaßstäbe anzusetzen sind, sondern dass dabei auch unterschiedliche Parameter betrachtet werden sollten.

5. Literatur

1. Bös, K. 2001, Handbuch motorische Tests. Göttingen: Hogrefe.
2. Eberle, K. et al. 2007, Ein- und Ausstiegskomfort, Lastenheft Gesamtfahrzeug. München: BMW Group München.
3. Rigel, S. 2004, Entwicklung einer Methode zur quantitativen Analyse der Ein- Ausstiegsbewegung in einen PKW, Inauguraldissertation, Lehrstuhl für Ergonomie. München: Technische Universität München.
4. Rodriguez, J.B. 2004, Methodik zur Optimierung der ein- und ausstiegsrelevanten Fahrzeugmaße, Diplomarbeit, Lehrstuhl für Ergonomie. München: Technische Universität München.

Eine experimentelle Studie zur Objektivierung des Ansitzkomforts

Christian MERGL¹, Lorenz FÜHRLINGER¹ und Heiner BUBB²

¹ *Sitzentwicklung, Audi AG, D-85045 Ingolstadt*

² *Lehrstuhl für Ergonomie, Technische Universität München,
Boltzmannstraße 15, D-85747 Garching*

Kurzfassung: Der Wettbewerb im Bereich von Premiumfahrzeugen wird immer größer und die einzelnen Hersteller unterscheiden sich immer weniger in Qualität und Design. Der erste Eindruck bzw. der erste Kontakt mit dem Fahrzeug ist dabei eine wichtige Kaufentscheidung. Bezüglich des Sitzes wird der erste Kontakt Ansitzkomfort genannt. Die Objektivierung des Ansitzkomforts soll im Rahmen dieser Studie näher untersucht werden. Im ersten Schritt wurden grundlegende Untersuchungen an abstrahierten Fahrzeugsitzen durchgeführt. Dabei konnte ein Zusammenhang zwischen den subjektiven Urteilen und der physikalisch messbaren Steifigkeit der Sitze ermittelt werden. In einer anschließenden Validierungsstudie wurden die gefundenen Ergebnisse überprüft und zusätzlich der Einfluss des Designs in die Untersuchung mit einbezogen. Die Studie konnte zeigen, dass der Einfluss des Designs größer ist, als die Beeinflussung des Ansitzkomforts durch die gefundenen physikalischen Parameter. Mit der richtigen Auslegung der Steifigkeit des Sitzes kann also ein Grundstein für eine positive Bewertung gelegt werden, der aber erst durch ein ansprechendes Design so wahrgenommen wird.

Schlüsselwörter: Autositz, Sitzkomfort, Ansitzkomfort.

1. Einleitung

Die steigende Qualität, immer ähnlichere Außendesigns und eine immer größere Wettbewerbsdichte im Bereich der Premiumfahrzeuge erschweren zunehmend eine Differenzierung zum Wettbewerb. Besonders wichtig ist es deshalb beim ersten Kontakt eines potentiellen Kunden einen bleibenden guten Eindruck zu hinterlassen. Dieser erste Eindruck wird auch maßgeblich durch den ersten Kontakt mit dem Sitz geprägt. In dieser Studie soll der so genannte Ansitzkomfort systematisch untersucht werden um danach gezielt Optimierungen durchführen zu können.

Der Ansitzkomfort kann als Teil des komplexen Begriffs Sitzkomfort gesehen werden. Der Komforteindruck eines Sitzes setzt sich aus vielen Sinnesempfindungen zusammen. Wichtige Einflussgrößen sind zum Beispiel Schwingungen, Druckverteilung oder Klima. Der Ansitzkomfort wird in dieser Studie als der erste Kontakt mit dem Sitz definiert. Er kennzeichnet die erste Berührung des Sitzes bis zum Zeitpunkt an dem sich ein Gleichgewicht der Druckverteilung eingestellt hat. Dies entspricht in etwa der ersten Minute des Sitzens. Ziel der Studie ist es, einen Zusammenhang zwischen dem Ansitzkomfort und einer objektiven Messgröße zu finden, um somit den Ansitzkomfort messbar und prognostizierbar zu machen.

2. Ermittlung eines Zusammenhangs zwischen dem Ansitzkomfort und einer physikalisch messbaren Größe

Zu Beginn wurden grundlegende Untersuchungen an abstrahierten Fahrzeugsitzen durchgeführt. Bei diesen Versuchen sollte der Einfluss der Optik, also des Designs ausgeschlossen werden. Dazu wurden quadratische Schaumblöcke mit den Maßen $400 \times 400 \times 100 \text{ mm}^3$, die auf höhenverstellbare Holzstühle gelegt wurden, verwendet. In einer ersten Studie wurden vier Haupteinflussparameter auf den Ansitzkomfort ausgewählt und gezielt variiert. Diese waren: Bezugsspannung, Bezugsdehnung, Oberflächenrauigkeit und Sitzhärte (Romano 2003). Als Befragungsmethodik wurde der paarweise Vergleich gewählt. Das Ergebnis dieser Vorversuche war, dass die Sitzhärte im Vergleich zu den anderen Parametern den größten Einfluss auf die subjektive Empfindung des Ansitzkomforts hat.

In einer zweiten Versuchsreihe wurde dann die Sitzsteifigkeit mit Hilfe unterschiedlich harter Schaumblöcke untersucht. Dabei war die Bandbreite vom sehr weichen Komfortsitz (Stauchhärte = 4kPa) bis zum straffen Sportsitz (Stauchhärte = 8kPa). Es wurden auch Varianten untersucht, bei denen eine weiche Schaumauflage auf einem härteren Basisschaum liegt. Es wurden acht unterschiedliche Schaumkombinationen in Form von paarweisen Vergleichen von 48 Versuchspersonen bewertet. Die Schaumvarianten wurden objektiv vermessen. Als Messmittel diente eine SAE Gessäßattrappe (identisch mit der H-Punkt Messpuppe) die an einem Druckstempel befestigt wurde und mit 600N in die Schäume gedrückt wurde. Während des Eindrückens des Stempels wurde der Weg gemessen. Als objektive Kenngröße wurde die Steigung des Kraft-Weg Diagramms bei 600N gewählt.

Die Versuchsreihe zeigte, dass die meisten Versuchspersonen die Schaumproben mit einer Steifigkeit bei 600N von ca. 14 N/mm gewählt haben. Der Ansitzkomfort von weicheren oder härteren Sitzen wurde schlechter bewertet. Damit konnte also ein Optimum gefunden werden. Da diese Studie nur auf einfachen Holzhockern mit aufgelegten Schaumblöcken durchgeführt wurde, musste die Übertragbarkeit auf Autositze in einer Validierungsstudie überprüft werden.

3. Validierung

3.1 Überprüfung des Zusammenhangs unter Ausschluss des Designs

Es wurden zwei optisch identische Sitze aufgebaut, die sich jedoch im Sitzschäumling unterschieden (die Lehnen waren identisch). Ein Sitz wurde mit einem harten Sitzschaum (Sitz 2) und der andere mit einem zweigeteilten Sitzschaum (Sitz 1), oben weich unten härter, aufgebaut. Die Steifigkeiten der beiden Sitze sind: Sitz 1 = 14,40 N/mm und Sitz 2 = 18,46 N/mm. Damit liegt Sitz 1 am gefunden Optimum der obigen Versuchsreihe, während Sitz 2 härter ist.

Einundfünfzig Versuchspersonen bewerteten die beiden Sitze in Form eines paarweisen Vergleichs bezüglich des Ansitzkomforts. Dabei entschieden sich jeweils ca. 50% für Sitz 1 und für Sitz 2. Die beiden Sitze wurden also bezüglich des Ansitzkomforts identisch bewertet. Auf die Frage, welcher der beiden Sitze härter ist, antworteten 80% der Versuchspersonen mit Sitz 2. Die Versuchspersonen erkannten also deutlich den Unterschied in der Härte. Dies führte aber nicht zu einer klaren Entscheidung bezüglich der Frage nach dem Ansitzkomfort. An diesem Punkt stellt sich die Frage, ob noch andere Einflussgrößen diese Bewertung herbeiführten. Ein

Grund kann sein, dass nur die Sitzfläche modifiziert war und nicht die Lehne (Brandl 2004).

3.2 Überprüfung des Designeinflusses

Aus anderen Veröffentlichungen wie z. B. von Helander (2003) ist bekannt, dass das Design eine große Rolle auf die Komfortbewertung haben kann. Es liegt die Vermutung nahe, dass gerade der Ansitzkomfort sehr stark durch den optischen Eindruck geprägt wird, da der Insasse innerhalb der kurzen Zeit, von weniger als einer Minute, noch relativ wenig durch die physikalischen Eigenschaften beeinflusst werden kann. Aus diesem Grund wurde ein Sitz (Sitz 3) mit möglichst identischer physikalischer Steifigkeit wie Sitz 2 aufgebaut (Steifigkeit Sitz 3 = 19,04 N/mm), der jedoch mit einem „hässlichen“ Bezug gepolstert war.

In dieser zweiten Validierungsstudie wurde Sitz 2 mit dem „hässlichen“ Sitz 3 verglichen. An dem Versuch nahmen 36 Versuchspersonen teil. Die Versuchsdurchführung wurde so gestaltet, dass die beiden Sitze zuerst mit verbundenen Augen und Handschuhen getestet wurden und danach mit Hinschauen und Fühlen. So kann der Einfluss des Designs sehr gut analysiert werden. Die Personen bewerteten den Ansitzkomfort der beiden Sitze in Form eines paarweisen Vergleichs. Das Ergebnis ist in Abbildung 1 zu sehen. Sechsfundfünfzig Prozent der Versuchspersonen sagen, dass Sitz 2 einen besseren Ansitzkomfort aufweist, und vierundvierzig Prozent entscheiden sich für Sitz 3. Mit verbundenen Augen ist die Bewertung der Versuchspersonen nahezu ausgeglichen. Sehen sie allerdings den Sitz, ergibt sich eine Entscheidung hin zum unveränderten Sitz mit dem serienmäßigen Design. Vierundsechzig Prozent der Personen entscheiden sich für Sitz 2 und sechsunddreißig Prozent bevorzugen Sitz 3 bezüglich des Ansitzkomforts. Damit ändern ca. zehn Prozent der Versuchspersonen ihr Urteil nur durch den optischen Eindruck, also das Design (vgl. Burgermeister 2006).

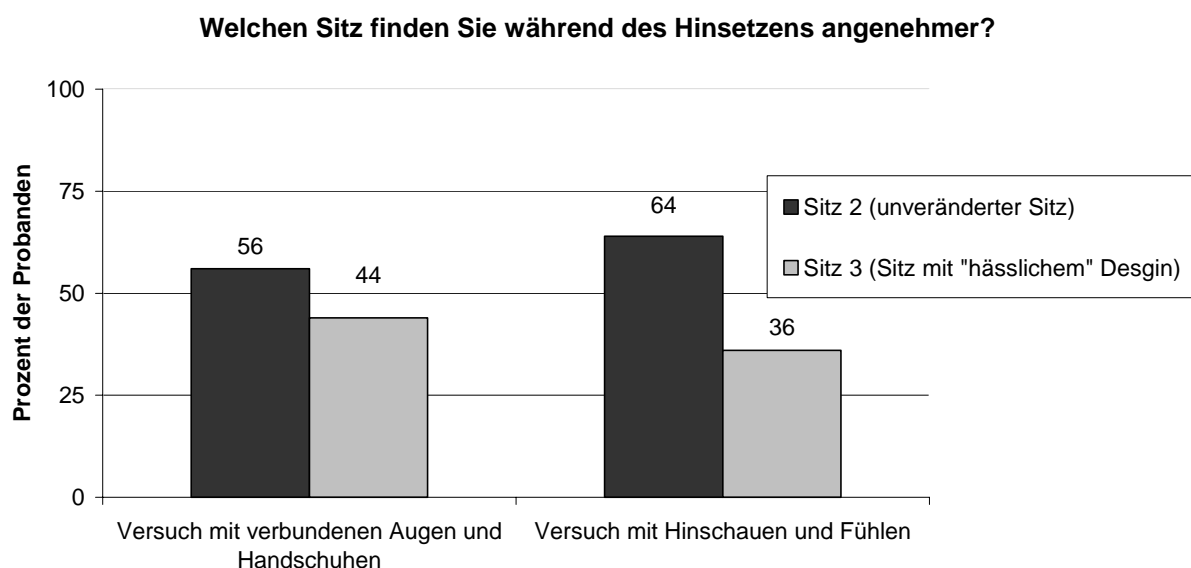


Abbildung 1: Ergebnisse des Validierungsversuchs zum Einfluss des Designs auf die Bewertung des Ansitzkomforts

4. Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Im Rahmen der ersten Versuchsreihen konnte die Sitzsteifigkeit als wichtigster Parameter für den Ansitzkomfort identifiziert werden. Für die Sitzsteifigkeit ergab sich in einer weiteren Studie ein Optimum von ca. 14 N/mm bei einer Eindrückkraft von 600N. Dieser Wert wurde an abstrahierten Sitzen gefunden. Die Validierung dieser Erkenntnisse an Autositzen zeigte an zwei optisch identischen Sitzen mit unterschiedlicher Steifigkeit keine Verbesserung der subjektiven Ansitzkomfortbewertung. Bei einer weiteren Versuchsreihe mit einem optisch wenig ansprechenden Sitz und einem Seriensitz mit gleicher Steifigkeit zeigte sich, dass die Bewertung des Ansitzkomforts stärker beeinflusst wird, als bei optisch identischen Sitzen mit unterschiedlicher Steifigkeit. Letztendlich spielt nach dieser Studie das Design für den Ansitzkomfort eine größere Rolle, als die physikalische Steifigkeit. Mit der richtigen Auslegung der Steifigkeit eines Sitzes kann also nur ein Grundstein für einen guten Ansitzkomfort gelegt werden, der durch ein ansprechendes Design erst richtig zur Geltung kommt.

5. Literatur

1. Brandl, B. 2004, Objektivierung des Ansitzkomforts – Validierung, Semesterarbeit am Lehrstuhl für Ergonomie der Technischen Universität München. München: Technische Universität München.
2. Burgermeister, T. 2006, Ermittlung von Einflussfaktoren auf die Bewertung des Ansitzkomforts, Semesterarbeit am Lehrstuhl für Ergonomie der Technischen Universität München. München: Technische Universität München.
3. Helander, M. 2003, Forget about ergonomics in chair design? Focus on aesthetics and comfort!, *Ergonomics*, 46, 1306-1319.
4. Romano, L. 2003, Experimentelle Untersuchung von Parametern, die den Ansitzkomfort in Fahrzeugsitzen beeinflussen, Diplomarbeit am Lehrstuhl für Ergonomie der Technischen Universität München. München: Technische Universität München.

Komfortbewertung bei komplexen Bewegungen – am Beispiel des Ein- und Ausstiegsvorgangs am PKW

Marianne ZUMBUSCH, Ernst ASSMANN und Heiner BUBB

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

Kurzfassung: Das 3D-Menschmodell RAMSIS wird derzeit in Richtung einer Modellierung der Ein- und Ausstiegsbewegung am PKW sowie der Erfassung des dabei subjektiv empfundenen Diskomforts weiterentwickelt. In zwei Versuchsreihen bewerteten die Versuchspersonen den beim Ein- und Aussteigen empfundenen Diskomfort. Es zeigten sich nur schwache Zusammenhänge zwischen den veränderten Geometrien und den Diskomfortbewertungen, sodass aufgrund dieser Datenbasis eine Modellierung des Diskomfortempfindens nicht möglich ist. Bei genauerer Betrachtung der Daten fällt auf, dass die Versuchspersonen offensichtlich nicht in der Lage sind, gleiche Versuchsbedingungen in etwa gleich zu bewerten. Die Einführung eines Korrekturfaktors ist nicht möglich, da die Abweichungen bei verschiedenen Versuchspersonen in unterschiedliche Richtungen erfolgen und damit auch verschiedene Ursachen für die Erscheinung denkbar sind. Aufgrund dieser Ergebnisse wurde eine weitere Versuchsreihe konzipiert, in der die Versuchspersonen zunächst eine längere Trainingsphase absolvieren mussten. Es zeigte sich, dass ein Teil der Versuchspersonen dadurch in der Lage ist, den empfundenen Diskomfort zuverlässig zu beurteilen. Diese neue Methodik ermöglicht es nun, eine Versuchsreihe durchzuführen, bei dem erneut das Diskomfortempfinden an verschiedenen Fahrzeuggeometrien abgefragt wird, um daraus ein Modell zu entwickeln, das in die Weiterentwicklung des RAMSIS einfließen kann. Die Methodik ließe sich außerdem auf beliebige andere Situationen übertragen, in denen der Diskomfort bei komplexen Bewegungen erfasst werden soll.

Schlüsselwörter: Ein- und Ausstieg, komplexe Bewegung, Diskomfort.

1. Einleitung

Es ist davon auszugehen, dass nahezu jeder erwachsene Mensch in einer Industrienation bereits in ein Automobil ein- und ausgestiegen ist. Dieser Vorgang ist uns mittlerweile so alltäglich geworden, dass er uns vor allem dann bewusst wird, wenn irgendetwas nicht stimmt – sei es, dass man mit einem neuen Fahrzeug konfrontiert wird, das nicht den Erwartungen oder bisherigen Erfahrungen entspricht und man sich beispielsweise den Kopf stößt, oder sei es, dass man selbst zeitweise behindert ist und sich nicht in der Form bewegen kann, wie man es eigentlich gewohnt ist, wie etwa bei einem starken Muskelkater oder gar bei einer Verletzung. Für den Kunden ist der Ein- und Ausstieg ein wichtiges Kriterium für die Kaufentscheidung. Untersuchungen zeigten, dass fast 40% der Kunden den dabei empfundenen Komfort für wichtig halten (Johansson 2002).

Ein Tool, das bereits in der frühen Phase der Entwicklung eingesetzt werden kann, in der das Fahrzeug nur digital in Form von CAD-Daten vorliegt, könnte dabei Kosten für teure Hardwareaufbauten und aufwendige Untersuchungen mit realen Versuchspersonen reduzieren. Mögliche Varianten könnten so bereits früh genauer hinsichtlich Praktikabilität und Komfort beleuchtet werden.

Mit Hilfe des 3D-Menschmodells RAMSIS ist es derzeit jedoch nur möglich, statische und quasistatische Haltungen und den dazugehörigen Komfort zu berechnen. Würde man das Menschmodell in seiner jetzigen Version in ein Fahrzeug ein- oder aussteigen lassen, so würde es möglicherweise Bewegungen ausführen, die ein realer Mensch so nicht ausführt. Ziel ist es daher, RAMSIS das Ein- und Aussteigen „erlernen“ zu lassen und den dazugehörigen Komfort zu untersuchen und zu modellieren.

2. Komfort und Diskomfort

Zhang, Helander und Drury konnten 1996 mithilfe von Befragungsexperimenten mit anschließender Clusteranalyse nachweisen, dass Komfort und Diskomfort nicht etwa Gegensätze sind, sondern zwei unterschiedliche Dimensionen darstellen. Diskomfort ist dabei im Wesentlichen mit physiologischen und biomechanischen Faktoren assoziiert und kann mit dem Begriff „Erleiden“ umschrieben werden, Komfort dagegen hauptsächlich mit Aspekten der Ästhetik und dem Begriff „Gefallen“. Im Bereich der Ergonomie lässt sich daher mit den naturwissenschaftlichen Methoden der Psychophysik nur der Bereich des Diskomfort untersuchen (Bubb 2003). Dieser Diskomfort ist die Diskrepanz zwischen dem gerade Erlebten und dem inneren Modell vom Komfort (Krist 1993). Durch Reduzierung des Diskomfort kann zwar Komfort entstehen, jedoch wird dieser zusätzlich beeinflusst von persönlichen Vorlieben und individuellem ästhetischem Empfinden und entzieht sich damit dem Zugang durch physikalische Messmethoden.

3. Vorversuche

3.1 Experimentelles Design

In zwei Vorversuchsreihen wurde der Einfluss von verschiedenen Parametern auf das Diskomfortempfinden beim Ein- und Ausstieg am PKW untersucht. Dabei sollte festgestellt werden, ob es einen Zusammenhang zwischen den Karosserieparametern sowie weiteren Einflussfaktoren, wie z. B. der Körperhöhe, auf die Komfortbewertung gibt und ob sich Zusammenhänge zwischen den verschiedenen Komfortbewertungen finden lassen, um aus den Daten ein Komfortmodell zum Ein- und Ausstieg zu erstellen.

Die Versuche wurden an einem speziellen Versuchsaufbau, dem VEMO (Variables Ein- und Ausstiegsmodell), im Hause BMW durchgeführt. Der Versuchsaufbau stellt ein vereinfachtes Modell eines Fahrerarbeitsplatzes dar und besteht aus Sitz, Lenkrad und Pedalerie; die Einstiegsöffnung wird durch Geradensegmente angenähert. Mit Hilfe von elektrischer bzw. mechanischer Verstellung ist es sowohl möglich, beliebig viele Konfigurationen innerhalb der maximalen Verstellbereiche zu entwickeln (Rigel 2005). Das VEMO bietet durch seine Abstrahierung den Vorteil, dass subjektive Einflussfaktoren auf die Diskomfortbewertung, wie zum Beispiel Vorlieben für

bestimmte Fahrzeugmarken, Fahrzeugtypen oder Fahrzeugmodelle, weitgehend ausgeschlossen werden können.



Abbildung 1: Das Variable Ein- und Ausstiegsmodell (VEMO)

Den Versuchspersonen wurden innerhalb der beiden Versuchsreihen, die sich durch die Auswahl der Konfigurationen am VEMO unterschieden, insgesamt 22 verschiedene Konfigurationen präsentiert, in die sie mehrmals ein- und aussteigen durften. Anschließend sollten sie den dabei empfundenen Diskomfort anhand der CP-50-Skala (nach Dufour et al. 2003) bewerten.

3.2 Ergebnisse

Die Ergebnisse der beiden Versuchsreihen waren zum Teil widersprüchlich zueinander. In jeder der beiden Versuchsreihen wurde den Versuchspersonen die selbe Konfiguration sowohl am Anfang als auch am Ende der Versuchsreihe präsentiert. Die Bewertungen dieser Konfigurationen weisen bei den einzelnen Versuchspersonen jedoch zum Teil erhebliche Schwankungen auf, wobei die Tendenz nicht einheitlich ist. Die Ursache für diese Schwankungen ließ sich anhand des Versuchsdesigns nicht ermitteln. Da die Bewertungen nicht einheitlich schlechter oder besser wurden, konnte auch kein Korrekturfaktor berechnet werden. Daher wurde angesichts der Datenlage darauf verzichtet, ein Komfortmodell zu erstellen.

4. Hauptversuch

4.1 Experimentelles Design

Aufgrund der Ergebnisse der Vorversuchsreihen wurde im Hauptversuch untersucht, ob die Versuchspersonen zunächst trainiert werden müssen, bevor sie zuverlässige Komfortbewertungen bei komplexen Bewegungen abgeben können. Die Versuchspersonen wurden zu einer Reihe von bis zu 7 aufeinanderfolgenden Terminen eingeladen. Dabei sollten sie immer wieder insgesamt drei Konfigurationen am VEMO bewerten. In der Auswertung wurde untersucht, ob sich die Bewertungen bei den einzelnen Versuchspersonen über die Zeit stabilisierten. Die Versuchspersonen mit den besten Ergebnissen wurden anschließend zu einer weiteren, kurzen Versuchsreihe eingeladen, deren Konfigurationen denen der beiden Vorversuchsreihen entsprachen.

4.2 Ergebnisse

Die Auswertung zeigte, dass einige der Versuchspersonen das Training erfolgreich absolvieren konnten, da ihre Bewertungen sich zusehends stabilisierten. Mit zwei ausgewählten Versuchspersonen wurde im Anschluss daran nochmals ein kompletter Durchlauf der Konfigurationen aus den Vorversuchsreihen vorgenommen. Hier zeigte sich, dass sich die Versuchspersonen bei der Bewertung auf einer Art „Baseline“ einpendeln, so dass nun besonders auffällige Konfigurationen auch in der Bewertung hervorstechen.

5. Ausblick

Für die Komfortbewertung bei komplexen Bewegungen ist davon auszugehen, dass nicht alle Versuchspersonen für diese Aufgabe geeignet sind. Das Training der Teilnehmer in einer Vorversuchsreihe stellt eine Möglichkeit dar, zuverlässige Komfortbewertungen zu erhalten. Die Versuchsbedingungen des Trainings sollten dabei weitgehend denen des Hauptversuchs entsprechen. Die Trainingsphase bedeutet auf jeden Fall einen größeren zeitlichen Aufwand für die Versuche. Außerdem ist damit zu rechnen, dass sich bei einigen der Versuchspersonen kein Trainingseffekt einstellen wird, so dass sie zu den Hauptversuchen nicht zugelassen werden können.

Der Trainingseffekt könnte sich unter Umständen auch nachteilig auf die Diskomfortbewertung auswirken, da sich die Versuchspersonen über einen längeren Zeitraum immer wieder mit dem Thema Ein- und Ausstieg auseinandersetzen müssen und daher möglicherweise im Laufe der Zeit zu Experten hinsichtlich der Ein- und Ausstiegsbewegung werden. Durch diese Erfahrung unterscheiden sie sich unter Umständen von einem Kunden, der zum ersten Mal in ein neues Fahrzeug einsteigt und sich nicht bewusst mit dem Thema befasst hat. Bei komplexen Bewegungen, wie dem Ein- oder Ausstieg, ist der Verzicht auf geübte oder geeignete Versuchsteilnehmer allerdings nicht möglich. So stellt die dargestellte Methode einen Kompromiss dar, mit dessen Hilfe man zukünftig ein Modell zum Komfortempfinden beim Ein- und Ausstieg im PKW zur Weiterentwicklung des RAMSIS erstellen kann.

6. Literatur

1. Bubb, H. 2003, Komfort und Diskomfort. Definition und Überblick, *Ergonomie aktuell*, 004, 5-8.
2. Dufour, F., Monnier, G., Wang, X. & Zacher, I. 2003, Discomfort assessment questionnaire and discomfort parameters. REAL MAN, Deliverable D-3.1 for month 20.
3. Johansson, L. 2002, Car Ingress and Egress - Verification and Evaluation of Dimensions Relevant for Ergonomic Comfort, Master Thesis. Lulea: Lulea Tekniska Universitet, Department of Human Work and Science..
4. Krist, R. 1993, Modellierung des Sitzkomforts. Eine experimentelle Studie, Dissertation an der Philosophisch-pädagogischen Fakultät. Eichstätt: KU Eichstätt.
5. Rigel, S. 2005, Entwicklung und Validierung einer Methode zur quantitativen Untersuchung der Ein- und Ausstiegsbewegung in einen Pkw, Dissertation. München: Technische Universität München, Lehrstuhl für Ergonomie.
6. Zhang, L., Helander, M.G. & Drury, C.G. 1996, Identifying Factors of Comfort and Discomfort in Sitting, *Human Factors*, 38, 377-389.

Kraft- und Haltungsbasierter Diskomfort bei Bewegungen

Olaf SABBAH, Florian FRITZSCHE und Heiner BUBB

*Lehrstuhl für Ergonomie, Technische Universität München,
Boltzmannstr. 15, D-85747 Garching bei München*

Kurzfassung: Am Lehrstuhl für Ergonomie an der Technischen Universität München wird das Ziel verfolgt ein autonomes Menschmodell zu entwickeln. Hierbei soll ein allgemeines Diskomfortmodell für Haltungen und Bewegungen entwickelt werden, mit dessen Hilfe empfundener Diskomfort vorhergesagt werden kann. Am Beispiel der Analyse von Ein-/Ausstiegsbewegungen und die gleichzeitige Befragung von Versuchspersonen bezüglich ihres Diskomfortempfindens soll der Ansatz für ein dynamisches Diskomfortmodell abgeleitet werden.

Schlüsselwörter: Diskomfort, Ein-/Ausstieg, Bewegungsanalyse, Simulation.

1. Einleitung

Für die Gestaltung digitaler Menschmodelle werden Funktionen zur Bewegungssimulation immer ausgereifter. Im Automobilbereich werden beispielsweise dreidimensionale Menschmodelle zur Bewertung des Komforts bzw. des Diskomforts von Kraftfahrzeugen, die zunächst nur als CAD-Modell im Rechner vorhanden sind, eingesetzt. Hierbei wird der Diskomfort für statische Haltungen, wie beim Sitzen auf dem Fahrersitz, vorhergesagt. Bezüglich der Vorhersage des Diskomforts während Bewegungen gibt es jedoch immer noch sehr wenige Informationen.

Da der Ein- und Ausstieg ins und aus dem Fahrzeugen eine recht umfangreiche und anspruchsvolle Bewegung darstellt, da beinahe alle Körperteile beansprucht sind, werden die Untersuchungen an diesen Bewegungen durchgeführt.

Die Verschiedenen Ein- und Ausstiegsstrategien sind bereits hinlänglich untersucht worden und auch bereits für eine mögliche Simulation mathematisch beschrieben.

Aufbauend auf Untersuchungen, die am Lehrstuhl für Ergonomie durchgeführt wurden, besteht bereits eine Datenbank verschiedener Kräfte, gemessen als Drehmomente in den verschiedenen Gelenken, in Verbindung mit dazugehörigen Diskomfortwerten. Mit den vorhandenen Erkenntnissen über das Verhältnis zwischen Diskomfort und einerseits Haltungen, andererseits Kraftniveau, ist die Idee, die beiden einfachen Modelle miteinander zu kombinieren. Es entsteht ein Modell, das es möglich macht, den kraft-haltungsabhängigen Diskomfort zu bestimmen.

Da weiterhin auch nachgewiesen werden konnte, dass lokaler Diskomfort für ein Gelenk linear mit der Kraft ansteigt und innerhalb eines Freiheitsgrades einen parabelförmigen Zusammenhang zwischen Winkelstellung und Diskomfort zeigt, stellt sich die Frage, wie dieses Modell vom statischen auf dynamische Bewegungen erweitert werden kann.

Ein Ansatz hierzu wurde bereits am Lehrstuhl erfolgreich für die Bewegung des Arm/Schulter-Systems mit externen Gewichten durchgeführt. Dieser wird nun auf die Ein- und Ausstiegsbewegung übertragen.

2. Versuchsaufbau und Versuchsdurchführung

Für die Versuchsdurchführung wurde ein Ein-/Ausstiegsmock-up konstruiert welches unterschiedliche Fahrzeugkonfigurationen erlaubt. Hierbei sind neben eine Längsverstellung der A- und B-Säule, das Dach in der Höhe und seitlich sowie der Schweller in der Höhe verstellbar. Die komplette Konstruktion ist zum Einstellen des H5-Maßes (Abstand zwischen Sitzreferenzpunkt und der Strasse) ebenfalls in der Höhe zu variieren. Um einen realistische Ein-/Ausstiegsuntersuchungen durchführen zu können, werden auch ein vollverstellbares Lenkrad sowie ein Fahrzeugsitz mit fahrzeugtypischen Sitzverstellungsmöglichkeiten vorgesehen. Der Sitz wurde derart an der Gesamtkonstruktion befestigt, dass sowohl eine Variation des H30-Maßes (Höhenabstand zwischen dem Sitzreferenzpunkts und der Fersenaufstandsfläche) als auch eine seitliche Sitzverstellung (Abstand zwischen Sitzmittelebene und Schwelleraußenkante) vorgenommen werden kann. Für die unterschiedlichen Untersuchungen können auch einzelne Fahrzeuggeometrien, die den Ein-/Ausstieg beeinflussen, entfernt werden (siehe Abbildung 1).



Abbildung 1: Mock-up mit Verstellmöglichkeiten der Ein-Ausstiegbeeinflussenden Geometrien

Für eine digitale Haltungs- bzw. Bewegungsauswertung mit der Anthropometrie-Software-PCMAN, werden alle Versuchsreihen mit zwei orthogonal zu einander stehenden Videokameras (von vorne und von der Seite) aufgenommen.

Es werden anfangs Probandenversuche mit verschiedenen Verstellungen einzelner Fahrzeuggeometrien (z.B. H5/H30-Maß, Schwellerhöhe, Dachkantenversatz usw.) durchgeführt. Später folgen noch Untersuchungen zum gegenseitigen Einfluss der Fahrzeuggeometrien beim Ein- und Ausstieg.

Für jede Versuchsreihe werden die gleichen Probanden herangezogen.

Während der Versuche steigen die Probanden mehrmals am Mock-up ein und aus und geben für jede Geometrievariante ihren subjektiven Diskomfortwert entsprechend einer CP-50 Skala (Category Partitioning Scale) an. Da der Bewegungsvorgang nicht unterbrochen werden kann, erfolgt die Angabe des Diskomfortempfindens im Anschluss an das Einsteigen bzw. im Anschluss an das Aussteigen für die Gesamtbewegung.

Da sich in einem Vorversuch hierzu gezeigt hat, dass eine Diskomfortbewertung für jedes einzelne Körperteil entsprechend einer Bodymap (lokaler Diskomfort) zu enormen Beurteilungsschwierigkeiten oder zu Ermüdungserscheinungen führt, da dann öfter ein- und ausgestiegen werden muss, um sich sicher zu sein, wurden die

Probanden angehalten einen Gesamtdiskomfortwert für ihr Gesamttempfinden anzugeben. Weitere Vorversuche am Lehrstuhl für Ergonomie haben bereits gezeigt, dass der lokale Diskomfort, der während der Bewegung in einem Körperteil gespürt wird, mit dem Gesamtdiskomfort korreliert.

Zusätzlich zu den Mockupversuchen werden die Probanden hinsichtlich ihrer Diskomfortbeurteilungsfähigkeiten und ihrer allgemeinen Physis hin untersucht.

Dazu werden zunächst Diskomfortbeurteilungen zum Ein- und Aussteigen in zwei Realfahrzeugen (BMW 6er und BMW 7er) abgegeben und anschließend mit Diskomfortbeurteilungen zu den entsprechend eingestellten Packages (Baugruppenanordnung) am Mock-up verglichen.

Des Weiteren wird die Physis der Probanden hinsichtlich drei Aspekte vermessen.

Zum einen wird ein digitales Abbild (Dummy) der Anthropometrie erstellt. Hierzu wird ein Proband in zwei statischen Haltungen (aufrecht, symmetrisch Stehend sowie einbeinig Stehend mit angewinkeltem linken Arm und Bein) mit zwei Fotoapparaten abfotografiert, um mittels des PCMAN-Measurement-Moduls die Umrissse des Dummies mit den Umrissen der Versuchsperson in Einklang zu bringen. Diese Dummies werden hinterher für die Haltungsanpassungen aus den einzelnen Bildsequenzen der Videoaufnahmen und der Übertragung der Körperproportionen an die Mehrkörperberechnungssoftware ALASKA/Dynamicus verwendet.

Zum anderen werden die Gelenkigkeit der Probanden in ausgewählten Gelenken (z.B. Hüft- und Kniegelenk) und die maximal möglichen Kräfte/Momente in einzelnen Körperteilen (Knie, Hüfte, usw.) gemessen.

3. Auswertung und Ausblick

Bei der Auswertung der Diskomfortbeurteilungen werden die abgegebenen Diskomfortwerte den Geometrieverschiebungen gegenübergestellt. Hieraus lassen sich bereits ideale Fahrzeuggeometriekonstellationen ableiten.

Aus den Videoaufnahmen werden diejenigen Bildpaare ausgewählt, bei denen besondere Körperhaltungen vorliegen. Darunter sind beispielsweise die Körperzwischenhaltung mit der höchsten Position des rechten Beines beim übersteigen des Schwellers oder die Haltung kurz vor dem Absetzen des Gesäßes auf den Sitz.

Sind diese Haltungen mit Hilfe des Measurement Modules der Software PCMAN aus den Bildpaaren nachgebildet, kann man alle Körperwinkel auslesen. Diese Haltungen werden dann mit den Anthropometriedaten der Probanden an das Mehrkörperberechnungssoftware ALASKA/Dynamicus übertragen, um die auftretenden vorliegenden Momente in den jeweiligen Gelenken in Hinblick auf die Schwerkraft zu ermitteln (siehe Abbildung 2).

Da hier bisher nur statische Zwischenhaltungen vorliegen, werden zusätzlich die Haltungsunterschiede vor und nach den als besonders ermittelten Zwischenhaltungen betrachtet, um die Bewegung um die Körperzwischenhaltung nachzustellen. Somit können die erhöhten Momente ausgelöst durch die Bewegung in den jeweiligen Gelenken ermittelt werden.

Da alle Probanden auf ihre Maximalmomentaufbringungen in bestimmten Gelenken vermessen wurden, kann nun die prozentuale Maximalmomentaufbringung in den Gelenken bestimmt werden. Weiterhin sind bereits aus den PCMAN-Haltungsanpassungen die Gelenkwinkel bekannt. Somit können mittels der Kraft-Haltungs-Diskomfort-Datenbank objektive Diskomfortwerte für die Ein- und Ausstiegsbewegung ermittelt werden. Anschließend werden die berechneten Diskom-

fortwerte mit den von den Probanden bei den Versuchen tatsächlich genannten subjektiven Empfindungen verglichen. Stimmen diese Werte überein, wie dies bereits für das Arm/Schulter-Systems im Vorfeld gezeigt werden konnte, spricht dies für eine erfolgreiche Anwendung dieses Modells zur Beurteilung von Dynamischen Diskomfort.

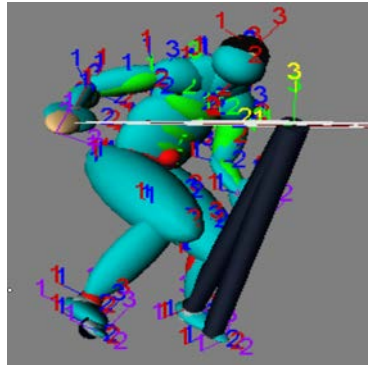


Abbildung 2: Berechnung der Momente in den einzelnen Gelenken mittels nachgebildetem Dummy aus PCMAN in ALASKA/Dynamicus

4. Literatur

1. Marach, A. 1999, CAD-fähiges Prognosemodell für statische Körperhaltungen des Menschen, Dissertation. München: Technische Universität München, Lehrstuhl für Ergonomie.
2. Bubb, H. & Wang, X. 2002, General approach of discomfort modelling, Minutes of the 5th technical meeting of the REALMAN project, Projektbericht. München.
3. Bubb, H. 2003, Research for a strength based discomfort model of posture and movement. In: Proceeding of the XVth IEA Conference, Soul, South Korea.
4. Schaefer, P., Rudolph, H. & Schwarz, W. 2000, Digital man models and physical strength - a new approach in strength simulation. In: Proceedings in SAE DHMS 2000 Dearborn, Paper No. 2000-01-2168.
5. Bathmager, V., Drury, C. & Schiro, S. 1985, Posture, Postural Discomfort and Performance, Human Factors, 27, 189 – 199.
6. Rohmert, W. 1966, Maximalkräfte von Männern im Bewegungsraum der Arme und Beine, Forschungsbericht Nr.1616 des Landes Nordrhein-Westfalen. Köln: Westdeutscher Verlag.
7. Rasmussen H. & Christensen, S.T. 2005, Musculoskeletal modelling of Egress with the Anybody modelling System. In: Proceedings of the SAE DHMS 2005, Iowa, Paper No. 2005-01-2721.
8. Zacher, I. & Bubb, H. 2004, Strength Based Discomfort Model of Posture and Movement. In: Proceedings of the SAE DHMS 2004, Rochester, Paper No. 04DHM-66.
9. Cherednichenko A., Assmann, E. & Bubb, H. 2006, Computational Approach for Entry Simulation. In: Proceedings of the SAE DHMS 2006, Lyon, Paper No. 2006-01-2358.
10. Fritzsche, F.S. & Zacher I. 2006, Ansatz zur Entwicklung eines Diskomfortmodells für simulierte Bewegungen. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg.), Innovationen für Arbeit und Organisation. Dortmund: GfA Press, 719-722.

Zielgruppenspezifische Produktentwicklung durch User Integration – Am Beispiel eines Mobiltelefons mit PC-Funktionalität für die Generation 55+

Sebastian GLENDE, Beatrice PODTSCHASKE und Wolfgang FRIESDORF

*Fachgebiet für Arbeitswissenschaft und Produktergonomie,
Technische Universität Berlin, Fasanenstraße 1/1, D-10623 Berlin*

Kurzfassung: Um Absatzpotenziale am wachsenden und finanzstarken Seniorenmarkt zu nutzen, soll auf Basis des bestehenden Handy-PC der Road GmbH ein Seniorenhandy konzipiert werden. Aufgrund fehlender Erfahrungen und begrenztem Zugang zur Zielgruppe seitens der Entwickler werden zielgruppenzugehörige Personen frühzeitig in den Produktentwicklungsprozess involviert, später anfallender Änderungsaufwand wird gering gehalten. Acht Mitglieder der Senior Research Group (SRG) identifizieren in einem Fokusgruppen-Workshop Anforderungen an das Handy. Ausgehend von kreativ-intuitiven Methoden legen sie Anforderungen an die Funktionalität fest und bewerten diese. Mit Checklisten überprüfen die Senior-Experten das Vorhandensein senioren-spezifischer Produktmerkmale und entwickeln Gestaltungsvorschläge. Basierend auf einem Usability-Test werden Anforderungen erarbeitet, die für eine selbsterklärende Bedienbarkeit relevant sind. Mit Hilfe der Einbindung von Senioren können neue, innovative Ideen gewonnen, bereits vorhandene Ideen bewertet und ggf. verworfen werden. Der Einsatz einer Fokusgruppe zielt jedoch nicht auf das repräsentative Erheben der Akzeptanz von Funktionen ab. Vorteilhaft gegenüber Verfahren, die eine größere Grundgesamtheit einbeziehen, ist die Konzentration auf qualitative Problemlösungen, die Möglichkeit zur sofortigen Diskussion von Ideen sowie der geringe Aufwand des Vorgehens.

Schlüsselwörter: User Integration, Produktentwicklung, Senioren.

1. Situation

Die Zahl der Menschen im Alter von über 55 Jahren wird von heute 25 Mio. auf voraussichtlich 33 Mio. im Jahr 2025 steigen. Menschen über 50 Jahre verfügen bereits jetzt über einen Anteil von 48% des frei verfügbaren Einkommens, obwohl sie nur 35,5% der Bevölkerung stellen (Statistisches Bundesamt 2006). Um dieses Absatzpotenzial am wachsenden und finanzstarken Seniorenmarktes zu nutzen, strebt die Road GmbH die Adaption ihres Produktes „Handy-PC“ an.

Der vorhandene Handy-PC (Abbildung 1) vereinigt die Funktionen von Mobiltelefon und Linux-basiertem PC. Er besteht aus einem aufklappbaren Gehäuse mit vollwertiger Tastatur sowie einem großen inneren und einem kleinen äußeren Display. Aufgrund einer flexiblen Fertigung ist das Gerät sehr einfach modularisierbar und kann mit relativ geringem Aufwand an die Anforderungen spezieller Nutzergruppen angepasst werden. Das vorhandene Gerät bietet damit eine gute Basis zur Entwicklung eines Senioren-Handy-PC.



Abbildung 1: Handy-PC der Road GmbH (www.road.de)

Die Road GmbH möchte sich mit hochinnovativen, gleichzeitig aber nutzerorientierten Produkten von der Konkurrenz absetzen. Bislang wurden hier jedoch keine Produkte für den Absatzmarkt der über 55-Jährigen entworfen oder produziert. Als mittelständisches Unternehmen bestehen aber besonders hohe Risiken im Falle einer Fehlentwicklung, so dass ein starkes Interesse an der Integration der Zielgruppe in den Entwicklungsprozess besteht. Aufgrund des fehlenden Kontaktes zu älteren Nutzern sowie geringen Erfahrungen mit Methoden der User Integration wurde eine Kooperation mit der am Fachgebiet für Arbeitswissenschaft und Produktergonomie der TU Berlin angesiedelten Senior Research Group (SRG) eingegangen. Die SRG ist eine aus dem DFG-Forschungsprojekt „sentha“ (Friedsdorf & Heine 2007) hervorgegangene Gruppe von knapp 20 Senioren, die sich zum Ziel gesetzt hat, technische Alltagsprodukte auch für Ältere einfach nutzbar zu machen.

2. Problemstellung und Zielsetzung

Das zu entwickelnde Gerät soll durch seine Funktionalität und eine besonders einfache Handhabung einen speziellen Kundenkreis ansprechen, der v. a. aus älteren Menschen sowie aus Personen mit geringer Technikaffinität besteht.

Bei der Entwicklung des Gerätes können Konkurrenzprodukte jedoch nur sehr begrenzt analysiert werden, da mobile Geräte mit Handy- und PC-Funktionen für die Zielgruppe 55+ bisher nicht am Markt angeboten werden. Andererseits verfügen die Entwickler der Road GmbH nicht über Erfahrungen in der Entwicklung für diese Zielgruppe. Ein empathisches Hineinversetzen jüngerer Produktentwickler in ältere Menschen ist aufgrund nicht vorwegnehmbarer Erfahrungswelten ebenfalls nur teilweise möglich. Aus diesen Gründen sollen zielgruppenzugehörige Personen aus der SRG in den Produktentwicklungsprozess involviert werden. Diese bringen die spezifischen Bedürfnisse älterer Anwender frühzeitig in die Produktgestaltung ein und tragen so zur Auswahl geeigneter Funktionen sowie zur Optimierung der Bedienbarkeit bei, so dass später anfallender Änderungsaufwand gering gehalten wird. Dabei sollen sowohl allgemeine als auch spezielle, also aus der Begutachtung der vorhandenen Prototypen hervorgehende Anforderungen identifiziert werden.

Im ersten, hier dargestellten Schritt „Anforderungsdefinition“ wird nur das Produkt selbst, nicht aber die Bedienungsanleitung oder Verpackung fokussiert. Ausgangspunkt der Untersuchung sind von der Road GmbH bereitgestellte Funktionslisten und Prototypen des Handy-PC.

3. Methodisches Vorgehen

Die Road GmbH ist bestrebt, den Entwicklungsprozess kurz und die Kosten der User Integration möglichst niedrig zu halten. Diese Rahmenbedingungen lassen nur die Einbindung weniger Nutzer in Kombination mit schnell durchführbaren Methoden zu (Nielsen 1994, S. 250ff.). Aufgrund dessen werden acht Mitglieder der SRG (Alter: 60-79 Jahre; 4 weiblich, 4 männlich; sehr geringe bis hohe Technikaffinität und Handyerfahrung) ausgewählt, die in einem Fokusgruppen-Workshop Anforderungen an den Senioren-Handy-PC identifizieren. Hierzu werden verschiedene kreativ-intuitive und analytische Methoden kombiniert. Dabei wird von einem anfangs sehr offenen, kreativitätsfördernden Vorgehen auf ein letztendlich realitätsnahes, aber weniger Freiraum gewährendes Vorgehen hingearbeitet (Abbildung 2).

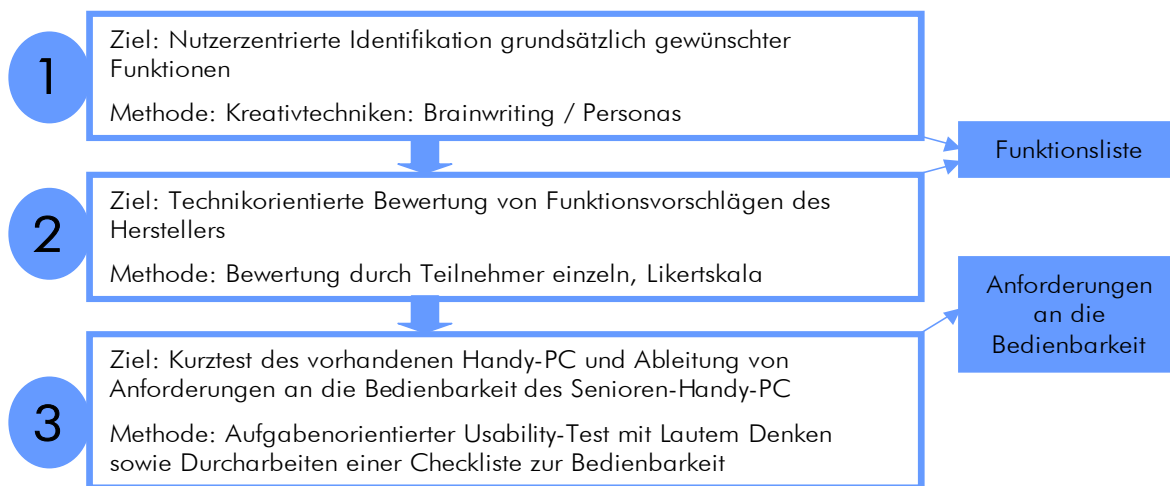


Abbildung 2: Vorgehen zur Identifikation von Anforderungen an den Senioren-Handy-PC.

Im ersten Schritt werden nutzer- und aufgabenorientiert grundsätzlich gewünschte Funktionen identifiziert, ohne Rücksicht auf technische oder wirtschaftliche Einschränkungen zu nehmen. Um eine gegenseitige Beeinflussung der Teilnehmer zu verhindern, wird das Brainwriting, also das Niederschreiben von Ideen angewendet. Mit Hilfe der Personas-Methode nehmen die Teilnehmer die Sichtweisen anderer Nutzer mit speziellen Eigenschaften ein. So können trotz der Teilnehmerzahl von nur acht Personen eine Vielzahl von Anforderungsprofilen erstellt werden.

Anschließend werden technikorientierte Funktionsvorschläge der Entwickler der Road GmbH bewertet und ggf. nutzerorientiert weiterentwickelt. Mit Hilfe der Likert-Skala (Bortz & Döring 2006, S. 222ff.) bewerten die Teilnehmer die Funktionen zunächst einzeln und diskutieren die Ergebnisse anschließend in der Gruppe. Aus den Ergebnissen des ersten und zweiten Schrittes wird eine Funktionsliste erstellt.

Der dritte Schritt integriert den evolutionären Ansatz in die Anforderungsdefinition. Ausgehend von einem kurzen, aufgabenorientierten Usability-Test am bereits existierenden Produkt Handy-PC werden Anforderungen an die Bedienbarkeit des seniorspezifischen Produkts erarbeitet. Abschließend wird auf Basis einer Checkliste der SRG, die aus früheren Tests und Anforderungsdefinitionen erstellt und sukzessive erweitert wurde, die Vollständigkeit der Anforderungen überprüft.

4. Ergebnisse

Aus dem kreativ-intuitivem Teil des Fokusgruppen-Workshops gehen aufgaben- bzw. nutzerorientierte Funktionswünsche hervor. Neben den Grundfunktionen eines Mobiltele-

fons werden u. a. ein GPS für Wanderungen, eine elektronische Lupe mit Vorlesefunktion für Sehbehinderte, eine integrierte Taschenlampe, eine einfach bedienbare Erinnerungsfunktion zur Medikamenteneinnahme sowie eine mehrstufig anpassbare Menüstruktur als wichtig angesehen. Eine Notruftaste wird aus zwei Gründen erwartet: Einerseits, um in Notfällen Hilfe zu rufen, andererseits, um Diebe oder Angreifer mit einem lauten Signalton abzuschrecken.

Gewünscht wird v. a. ein nicht stigmatisierendes Seniorenhandy, welches bei Bedarf – z. B. bei sehr starker Einschränkung der visuellen Wahrnehmung – um die Kamera- und Lupenfunktion sowie Sprachein- und -ausgabe erweiterbar sein soll. Einige PC-typische Funktionen (E-Mail, Internet, Routenplanung, Denksportspiele) sind manchen Teilnehmern sehr wichtig, anderen aber überhaupt nicht. In solchen Fällen wird die Modularisierbarkeit des Produktes angestrebt, welche z. B. durch Freischalten von Funktionen beim Händler realisiert werden kann.

Aus dem Test des bestehenden Handy-PC gehen Anforderungen an die Bedienbarkeit hervor. Hierzu gehören Ideen zur Gestaltung und Anordnung der Bedienelemente und Schnittstellen sowie zum Design von Akku- und Speicherkartenfach. Vorgeschlagen wird die Verwendung von Farbcodes für Navigationstasten, eine Suchfunktion für alle Funktionen des Telefons und eine einfach nutzbare Tastensperre und Displaybeleuchtung, die durch kurzes Aufklappen des Gerätes aktiviert wird. Alle Verschlussmechanismen, Klappen und Anschlüsse müssen farblich markiert sein, Akku und SIM-Karte dürfen aufgrund ihrer Form kein falsches Einlegen ermöglichen. Die Schriftgröße und die Kontrastdarstellung sollen v. a. bei Internetanwendungen jederzeit verstellbar sein.

5. Diskussion

Mit Hilfe der Einbindung von Senioren können neue, innovative Ideen gewonnen, bereits vorhandene Ideen bewertet und ggf. verworfen werden. Der Einsatz einer Fokusgruppe zielt nicht auf das repräsentative Erheben der Akzeptanz von Funktionen ab. Vorteilhaft gegenüber reinen Bewertungsverfahren, die eine größere Grundgesamtheit einbeziehen, ist die Entwicklung qualitativer Problemlösungen sowie die Möglichkeit zur sofortigen Diskussion von Ideen. Aus Sicht des auftraggebenden Unternehmens sind v. a. klar definierte und innovative Gestaltungsvorschläge sowie der geringe Aufwand des Vorgehens von Vorteil.

Die Kombination kreativ-intuitiver und analytischer Methoden mit einem Usability-Test führt sowohl zu innovativen als auch realistischen Ergebnissen. Die eingeschränkte Repräsentativität aufgrund der geringen Teilnehmerzahl hat sich in weiteren Projekten kaum als Nachteil erwiesen. Im vorliegenden Fall muss der Markterfolg zur abschließenden Beurteilung abgewartet werden.

6. Literatur

1. Bortz, J. & Döring, N. 2006, Forschungsmethoden und Evaluation. Heidelberg: Springer.
2. Friesdorf, W. & Heine, A. 2007, sentha – seniorenrechtliche Technik im häuslichen Alltag. Berlin: Springer.
3. Nielsen, J. 1994, Guerrilla HCI: Using Discount Usability Engineering to Penetrate the Intimidation Barrier. In: R.-G. Bias & D.-J. Mayhew (Eds.), Cost-Justifying Usability. San Diego: Morgan Kaufmann, 245-272.
4. Statistisches Bundesamt 2006, Bevölkerung Deutschlands bis 2050 – Ergebnisse der 11. koordinierten Bevölkerungsvorausberechnung. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.

Swarm-Optimization-Based Approach for Usability Evaluation of Geographic Information Systems

Alexander NIKOV¹, Shanaz WAHID¹
Arvind MOHAIS¹ and Michael Andy MCADAMS²

¹ *Dept. Maths & Computer Science, University of the West Indies,
St. Augustine, Trinidad and Tobago*

² *Dept. Geography, Fatih University,
TR-34500 Büyükçekmece- Istanbul*

Abstract: Most geographic information systems (GIS) usability studies are qualitative. The current paper, seeks to examine GIS usability in a more precise manner by quantitative evaluation. For studying the usability of a GIS, an evaluation approach was proposed. It attempts to apply usability checklist method and swarm-optimization-based evaluation model to form quantitative usability indices. A case study of using ArcGIS was performed. GIS usability when applied to the task of land use classification in GIS utilizing a Remote Sensing image was quantitatively measured and evaluated. Many usability problems were discovered and appropriate design recommendations for GIS are proposed. The combination of a checklist, particle swarm optimization algorithm and the quantitative nature of the study appear to be unique for GIS usability analysis.

Keywords: Geographic information systems, Usability evaluation, Particle swarm optimization.

1. Introduction

With the expansion of the geographic information systems (GIS) market, usability issues are becoming increasingly important. However, research concerning the concept of using usability criteria for testing how GIS software is matched with the users' needs or abilities is a developing one in geo-spatial science. A limited amount of geographic information science researchers are delving into usability testing (Hakley & Tobon 2003; Tipton 2003; Titus 2003; Koua & Kraak 2004; March 2004; ESRI 2008; Warren & Bonaguro 2008). However, the majority of their usability evaluation results found were qualitative. The current paper seeks to examine GIS usability in a more precise manner by quantitative evaluation. It attempts to apply a usability checklist method and a swarm-optimization-based evaluation model to form a quantitative usability index and generate GIS redesign recommendations.

2. Approach for GIS Usability Evaluation

For studying the usability of a GIS, a swarm optimization-based usability evaluation approach (cf. Fig. 1) is proposed. For GIS usability evaluation, the Ravden & Johnson method (1989) is employed. It includes a checklist of 10 usability criteria evaluated by 149 checklist items (cf. Fig. 1).

There is a need to represent the entire construct of GIS usability as a single de-

pendent variable measuring how closely GIS features match generally accepted usability guidelines (Keevil 1998; Hornbach 2006). For aggregating the checklist items evaluations to a quantitative usability index, we propose to use the particle swarm optimization (PSO) algorithm (Kennedy 1995) as shown in Fig. 1. The PSO is inspired by social interactions. It manipulates a set of candidate solutions by moving them through the search space, based on information that they exchange amongst themselves. Primarily, each particle contains information about its current location in the search space and its current velocity. In an iterative fashion, each particle is moved to a new position that is calculated by adding its velocity to its current position. In this paper the fully-informed particle swarm (FIPS) (Mendes 2004) is used for velocity update incorporating information from all of a particle's neighbors.

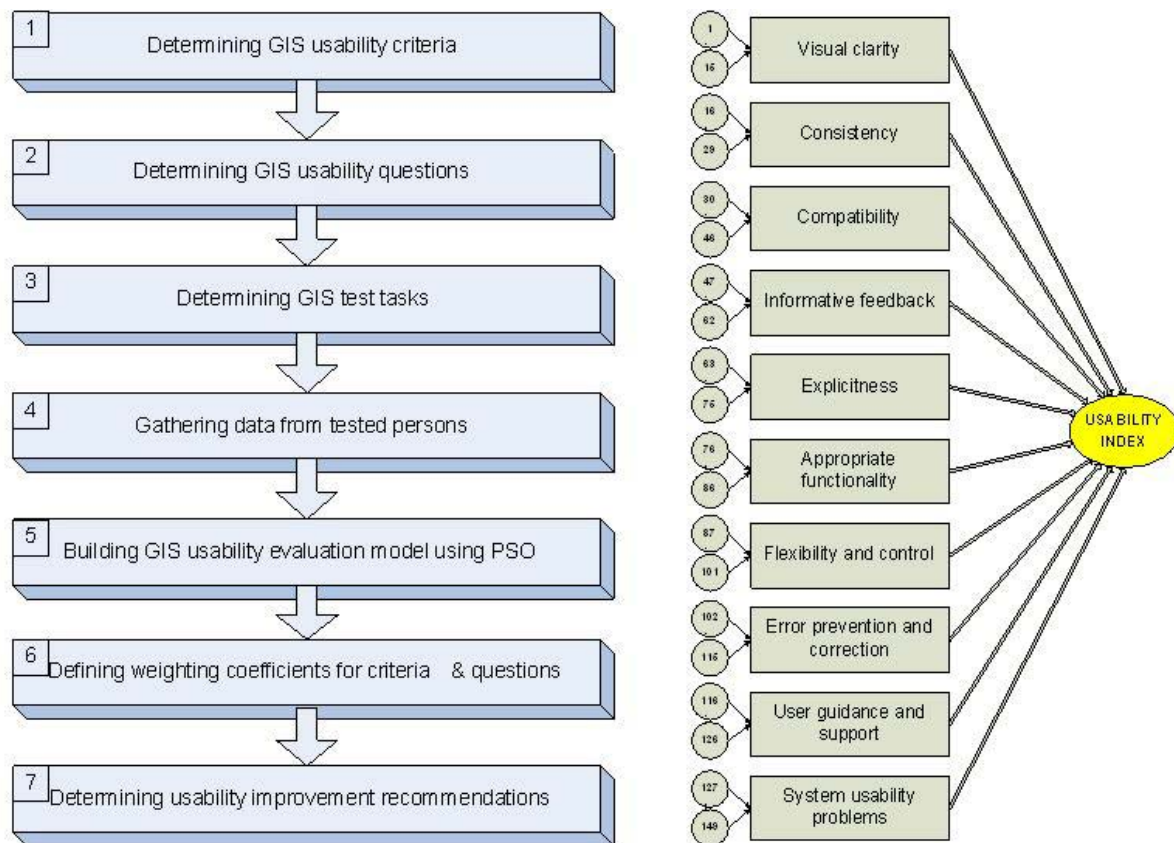


Figure 1: Approach steps (left side) and determination of usability index (right side)

Steps 1 to 4 constitute the overall collection of data from potential GIS users.

Step 5 uses PSO to build GIS usability evaluation model that aggregates respondents' checklist items usability evaluations. The following linear weighted model can predict a user's rating of the overall usability of a GIS pu based on their ratings of the low level usability checklist items x_1, x_2, \dots, x_{149} :

$$p_u(x_1, x_2, \dots, x_{149}) = w_0 + w_1x_1 + w_2x_2 + \dots + w_{149}x_{149}$$

It is expected that with appropriate weights (w_i), p_u can determine the usability index. A set of size (n) and connectivity (k) parameters of the neighborhood graph structure is used.

At step 6 are defined the weights of usability checklist criteria and items.

At step 7 are interpreted the weights of checklist items so as to suggest choices for the GIS usability redesign.

A data aggregation is carried out left to right (cf. Fig. 1). For each of the 10-th usability criteria and for the whole GIS system quantitative indices are calculated. Based on these evaluations, a right to left analysis allows discovering of usability problems and determination of GIS design recommendations.

3. Case Study

A case study of the use of ArcGIS was performed related to the task of classifying land use in GIS utilizing a remote sensing image. For this purpose a remote sensing image of a portion of Istanbul, Turkey which contained the appropriate metadata was imported into ArcGIS ArcCatalog. The selected remote sensing image contained various types of land use that would be used to develop a land use classification layer in ArcGIS. The task of the user was to create by this image a vector-based GIS coverage with appropriate attribute data and display it in a map layout. This is common task for public and private organizations when undergoing land use analysis when pre-existing GIS databases are not available or unsuitable.

25 users were selected among students at Fatih University, Istanbul, Turkey with expert to beginner level knowledge of GIS and of ArcGIS to evaluate ArcGIS and provide data for usability evaluation. After solving of these tasks by ArcGIS, they filled out the usability checklist.

Various particle swarm configurations were tested at step 5 in an attempt to determine the best setting (amongst the parameters investigated) for predicting GIS usability based on users responses. The PSO class fully informed particle swarm (FIPS) with the random dynamic neighborhood parameters $n=\{20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100\}$ and $k=\{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10\}$ was used. Each configuration was tested in 100 trials, each of which was allowed to run for 20000 function evaluations. A set of weights was found that minimized the relative mean square error between the predicted usability and actual users responses for the best neighborhood configurations ($n=40, k=8$).

The fitting of the GIS design properties to the predicted generic usability yielded in the GIS usability evaluation results discovering many usability problems and defining design recommendations for ArcGIS like:

- Support of changing the colors
- Need of further tools and add-ons to make the task effective and efficient
- Creation of application-oriented groups
- Display only information needed for particular task
- Need of individual customization tools

4. Conclusions

A particle-swarm-optimization-based approach for GIS usability evaluation and design has been proposed. The particle swarm optimization algorithm was used to model the relationship between global usability index and GIS usability criteria and items. It is a simple, feasible and versatile approach determining the combination of GIS usability checklist items that could result in designs taking into account user. A model evolved by the particle swarm algorithm suggests GIS design properties. De-

pending on these values, relevant GIS design recommendations could be proposed.

A case study demonstrated approach appropriateness for usability evaluation of GIS. It became apparent that the land use classification process needed further clarification with the advice of expert urban planners and ArcGIS significantly altered such that it could be adequately used. This study pointed out some drawbacks of the generic usability questionnaire use for the evaluation of GIS programs.

Future research should be performed to develop a GIS specific checklist that can be fully used for evaluation of GIS usability. In terms of computational intelligence and particle swarm optimization, it is curious that the expert initialization of the weights causes the PSO to consistently find similar solutions since it is known that PSO is usually not affected by initial weights. A careful study of this phenomenon should be performed to gain more knowledge into the PSO's behavior with respect to the type of function defined in the paper.

5. References

1. ESRI 2008, Usability testing, www.esri.com/software/usability/whatusability.html (accessed 20 January 2008).
2. Haklay, M. & Tobón, C. 2003, Usability evaluation and PPGIS: towards a user-centered design approach, *International Journal of Geographic Information Science*, 17, 577-592.
3. Hornbaek, K. 2006, Current Practice in Measuring Usability: Challenges to Studies and Research, *International Journal of Human-Computer Studies*, 64, 79-102.
4. Keevil, B. 1998, *Measuring the Usability Index of Your Web Site*. Toronto: Keevil & Associates.
5. Kennedy, J. & Eberhart, R. 1995, Particle swarm optimization. In: IEEE Neural Networks Council (Edt.), *Proceedings IEEE International Conference on Neural Networks 1995*. Institute of Electrical & Electronics Engineer, 1942-1948.
6. Koua, E. & Kraak, M. J. 2004, A usability framework for the design and evaluation of an exploratory geovisualization environment. In: E. Banissi (Edt.), *8th International Conference on Information Visualization, Proceedings*. Los Alamitos, Ca.: IEEE Computer Society, 153-158.
7. March, S. 2004, Usability studies in geovisualization. In: *Proceedings Euroconference on Methods to Support Interaction in Geovisualization Environments 2004*, Kolymbari, Crete, 73-86.
8. Mendes, R., Kennedy, J. & Neves, J. 2004, The fully informed particle swarm: Simpler, maybe better, *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, 8, 204-210.
9. Ravden, S. & Johnson, G. 1989, *Evaluating usability of human-computer interfaces: A practical method*. Chicester: Ellis Harwood.
10. Timpt, S. 2003, Geographic activity models. In: M. Duckham, M. Goodchild & M. Worboys (Eds.), *Foundations of Geographic Information Science*. London: Taylor & Francis, 241-254.
11. Titiis, K. 2003, Usability of geographic information systems in internet: a case study of journey planners, MSc Thesis. Tartu, Estonia: Tartu University.
12. Warren, D. & Bonaguro, J. 2008, Usability testing of community data and mapping systems, www.gnocdc.org/usability/usabilitytesting.html.

Produktionssysteme der Zukunft

Mixed-Mockup-Kransimulator für die ergonomische Arbeitsforschung und -gestaltung

Dieter SPATH, Martin BRAUN und Frank HASELBERGER

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

Kurzfassung: Es wird die Entwicklung und die Erprobung eines rechnergestützten Mixed-Mockup-Simulators für Zwecke der Arbeitsforschung und -gestaltung am Beispiel eines Hallen-Brückenkranes vorgestellt. Der Kran-Simulator ermöglicht die Integration einer Versuchsperson in eine virtuelle Umgebung, in der sich aufgabenbezogene Leistungsanforderungen und umgebungsbezogene Belastungsfaktoren anhand von 15 Fahr- und Steuerszenarien simulieren lassen. Durch die Erhebung von Leistungsparametern in standardisierten Fahr- und Steueraufgaben lässt sich u. a. die Wirksamkeit von Trainingsmaßnahmen in der simulierten Arbeitsumgebung ermitteln. Dies wurde anhand einer Versuchsreihe zum Sicherheitstraining von Kranfahrern beispielhaft untersucht.

Schlüsselwörter: Virtual Reality, Simulation, Systementwicklung, Fahr- und Steuertraining.

1. Einleitung

Die rechnergestützte Simulation von Arbeitssystemen vereint große Optimierungspotenziale, Handlungsflexibilität und relativ geringe Kosten. In vielen Bereichen ist ein Trend hin zu rechnergestützten Simulationsmethoden zu verzeichnen. In der Regel werden Abläufe simuliert, deren Verhalten mit ausreichender Genauigkeit mathematisch beschrieben werden kann. Diese Anforderung begrenzt jedoch den Einsatz der Simulationstechniken in Arbeitsforschung und -gestaltung, wenn es gilt, den Menschen in die Simulation einzubinden. Der Mensch ist in seiner subjektiven Wahrnehmung und daraus resultierenden Reaktionen und Verhaltensweisen bislang nur unzureichend parametrisierbar. Eine »Operator-In-The-Loop«-Konfiguration kann diese Aufgabe lösen, indem ein realer Mensch in eine rechnergestützte Simulation der Arbeitsumgebung eingebunden wird (Hagenmeyer et al. 2003).

Nachdem frühere Arbeiten die grundsätzliche Eignung eines derart konfigurierten VR-Simulators für Zwecke der Arbeitsforschung belegten (vgl. Spath et al. 2003), wurde in der vorliegenden, von der DFG geförderten Arbeit (Geschäftszeichen SP 448 / 20-3) ein virtueller Kransimulator entwickelt und erprobt.

2. Virtual Reality als Instrument der Arbeitsforschung

Die Arbeitsforschung zielt darauf, durch eine zweckmäßige Analyse und Gestaltung von Arbeitssystemen und unter Berücksichtigung der Leistungsfähigkeit des arbeitenden Menschen sowie seiner Bedürfnisse ein optimales Zusammenwirken von Mensch, Arbeitsgegenstand und Arbeitsaufgabe zu erreichen. In komplexen Arbeits-

systemen kommt hierbei der optimalen Gestaltung der Mensch-Maschine-Schnittstelle eine hohe Relevanz zu.

Die Arbeitsforschung verzeichnet seit einiger Zeit eine Abkehr von experimentellen Realversuchen hin zu rechnergestützten Simulationen. Ein herausragendes Beispiel leistungsfähiger Simulationsmethoden stellen Virtual Reality-Anwendungen dar.

Virtual Reality (VR) bezeichnet eine Schnittstelle zur räumlichen, multisensorischen und zeitkontinuierlichen Einbindung des Benutzers in eine rechnergenerierte Umgebung (Deisinger 2002). VR-Systeme vermitteln dem Anwender die Einbindung in eine realitätsnahe Umgebung, was durch die Begriffe Immersion und Präsenz umschrieben wird (Stanney et al. 1998).

VR-Simulatoren ermöglichen eine realitätsnahe Wahrnehmung, räumliche Sicht in Originalgröße und räumliche Interaktionsmodi. Sie ermöglichen ein zügiges, aufwandsarmes Wiederholen von Trainingssequenzen. Darüber hinaus lassen sich Sequenzen unter standardisierten Bedingungen reproduzieren. Gefährliche Situationen können simuliert werden, ohne Personen oder Sachgüter zu schädigen. Beim Mixed-Mockup-Simulator wird der reale Anwendungsbezug verstärkt, indem gleichartige Bedien- und Interaktionselemente wie beim realen Pendant eingesetzt werden.

3. Entwicklung eines Mixed-Mockup-Kransimulators

Es sollte ein virtueller Mixed-Mockup-Simulator einschließlich Anwendungsszenarien entwickelt und hinsichtlich seiner Nutzenpotenziale für die Gefahrenschulung erprobt werden. Als Anwendungsfeld wurde ein Brückenkran definiert, dessen Funktionsumfang begrenzt und klar strukturiert ist.

3.1 Technische Realisierung des Kransimulators

Der virtuelle Brückenkran verfügt über Antriebe an Kranbahn und Laufkatze für dreiachsiges Verfahren der am Seil angeschlagenen Lasten. Der Simulator bietet dem Benutzer eine stereoskopische Sicht auf die maßstabsgetreue Nachbildung einer realen, für Vergleichsversuche genutzten Lagerhalle (vgl. Abb. 1).



Abbildung 1: Kransimulator (links) und modellierte Versuchshalle (rechts)

Folgende Funktionalitäten wurden in den VR-Kransimulator integriert:

- Visualisierung der Arbeitsumgebung (Halle, Last, Arbeiter, Hindernisse etc.),
- auditive Darstellung (Einspielung realistischer Fahr- und Umgebungsgeräusche)

sche),

- Dynamiksimulation (Nachbildung der auf die Last wirkenden Kräfte, d. h. Gravitation, Kollisionen, Stöße und resultierende Schwingungen).

Die Darstellung des Krans, der Lasten, der Personen und der Umgebung wird durch einen leistungsfähigen Personal Computer (d. h. Render-PC) generiert. Die stereoskopische Anzeige erfolgt auf einer 2,7 m breiten und 2 m hohen Rückprojektionsscheibe in Verbindung mit zwei Projektoren. Für räumliche, stereoskopische Sicht werden zwei unterschiedliche, für die jeweiligen Augenpositionen des Betrachters perspektivisch korrekte Bilder erzeugt, die auf der Anzeige überlagert werden. Eine Trennung der Bilder erfolgt durch ein Polarisationsverfahren (Bues et al. 2001).

Die Messung der Augenposition erfolgt kontinuierlich durch ein optisches Trackingssystem, welches die Position eines Reflektors an der Stereobrille des Betrachters bestimmt und an den Render-PC überträgt.

Auf der Basis der VR-Software Lightning (Blach et al. 1998) wurde eine Simulationsanwendung entwickelt, um den Hallenkran und seine Umgebung zu visualisieren und die erforderlichen Funktionalitäten bereitzustellen. Das Schwingungsverhalten von Seil und Magnet wurde durch Integration einer Softwarebibliothek zur Physiksimulation und Kollisionserkennung realitätsnah nachgebildet.

Zur Akustiksimulation wurden Fahr- und Umgebungsgeräusche eines realen Krans aufgenommen und den entsprechenden Fahrbewegungen in der Simulationsanwendung zugeordnet. Zur Wiedergabe dienen aktive Lautsprecher.

Als Interaktionsgerät kommt eine funkbasierte Kranfernsteuerung zum Einsatz. Zur Navigation wird ein USB-Gamepad eingesetzt, mit dem sich der Benutzer durch die virtuelle Umgebung bewegen kann. Für die Steuerung der Anwendung durch den Versuchsleiter hinsichtlich der Auswahl der Übungsszenarien, Ereignissteuerung und Anwendungskonfiguration wird ein vernetzter Steuerungsrechner eingesetzt.

3.2 Fahr- und Steueraufgaben

Der VR-Kransimulator ermöglicht die Gefahrenschulung anhand von 15 modellierten Szenarien. Sie umfassen Übungen wie das Abfangen einer ein- oder zweiachsig pendelnden Last. Es besteht die Möglichkeit, Personen im Gefahrenbereich darzustellen, worauf gesondert zu reagieren ist. Erkennen und korrektes Verhalten bei Last-Anschlagfehlern wie verdrehtem Kranseil, Verrutschen von Last oder ungleich abgelängter Tragseile kann vermittelt werden. Einige Szenarien widmen sich der Gefährdung durch überraschendes Eindringen von Personen oder Fahrzeugen in den Fahrweg des Fördergutes.

Sicherheitsabstände werden automatisch geprüft; bei Abstandsunterschreitung wird eine visuelle Warnung ausgegeben. Ebenso kann das sichere Anhalten der Last aus voller Fahrt (z. B. Notfall) sowie die korrekte Kommunikation von Notsituationen mit gefährdeten Personen in der Nähe des Fördergutes trainiert werden. Die einzelnen Szenarien lassen sich in beliebig aneinander reihen. Das Auftreten von Gefährdungssituationen und deren Ausprägungen sind flexibel steuerbar.

4. Erprobung des Kransimulators und Ergebnisse

Nach Entwicklung und Implementierung des Kransimulators galt es, dessen Wirksamkeit am Beispiel eines Sicherheitstrainings für Kranfahrer zu untersuchen. Dies erfolgte durch Erhebung von Leistungsparametern in standardisierten Trainingsse-

quenzen sowie deren Vergleich mit Trainingsergebnissen am realen Hallenkran.

Es wurden 20 einschlägig geschulte Versuchspersonen (VPN) angeworben und hinsichtlich der Versuchsdurchführung unterwiesen. In einem Vorversuch absolvierten alle VPN mit einem am Brückenkran angeschlagenen Übungsgewicht einen Hindernisparcours. Die benötigte Zeit und die Anzahl der Kollisionen dienten als Basis für die Einteilung zweier annähernd gleichstarker Gruppen (A, B) zu je 10 VPN. Gruppe A absolvierte das Gefahrentraining am Kransimulator, während Gruppe B gleichartige Übungen am realen Kran durchführte.

Die abschließenden Vergleichsversuche erfolgten in einem Hindernisparcours am realen Kran. Während des Durchfahrens des Parcours wurden Gefahrensituationen (unter kontrollierten Bedingungen) ausgelöst und Leistungsdaten der VPN sowie deren Reaktionsweisen auf die Gefahrensituation erhoben.

Eine statistische Datenauswertung ermöglichte einen Leistungsvergleich der Probandengruppen und ließ Schlussfolgerungen hinsichtlich der Wirksamkeit der alternativen Trainingsmethoden (d. h. Sicherheitstraining am VR-Kransimulator versus realem Brückenkran) zu. Primäre Zielgröße war die Fähigkeit der Probanden, auf Gefahrensituationen zu reagieren, sekundäre war die erreichte Fahrleistung. Der Untersuchung lagen 4 Hypothesen zugrunde, die Probanden der Gruppe A grundsätzlich ein zuverlässigeres und geschickteres Fahr- und Steuerverhalten unterstellten als Probanden der Gruppe B. Die statistischen Werte zur Bestätigung der Hypothesen weisen klare Trends zu deren Bestätigung auf. Die statistische Signifikanz der Werte muss nachfolgend in Untersuchungen mit einem erweiterten Probandenkollektiv abgesichert werden.

Die Untersuchungen bestätigen, dass sich das Training am VR-Kransimulator für eine Einübung von sicheren Verhaltensweisen bei Gefahrensituationen eignet. Hinsichtlich der Fehlerrate zeigt sich nach einem Training im Kransimulator – im Vergleich zur Schulung am realen Brückenkran – ein Trend zu geringerer Fehlerzahl und tendenziell geringerer Arbeitsgeschwindigkeit. Die Vermittlung von Gefahrensituationen in einer virtuellen Umgebung führt zu einer erhöhten Aufmerksamkeit für Gefährdungsfaktoren sowie einem stärker regelorientierten Verhalten.

5. Literatur

1. Blach, R., Landauer, J., Rösch, A. & Simon, A. 1998, A flexible prototyping tool for 3D realtime user-interaction. In: M. Göbel, U. Lang, J. Landauer, M. Wapler, H.-J. Bullinger & R.D. Schraft (Hrsg.), Virtual Environments, Conference and 4th Eurographics Workshop, Stuttgart.
2. Bues, M., Häfner, U. & Blach, R. 2001, Personal Immersion: PC-basiertes Echtzeitgraphiksystem für Virtual Reality Anwendungen, Patentschrift DE 10125075.
3. Deisinger, J. 2002, Entwicklung eines hybriden Modelliersystems zur immersiven konzeptionellen Formgestaltung. Heimsheim: Jost-Jetter.
4. Hagenmeyer, L., Braun, M. & Haselberger, F. 2003, Entwicklung eines Mixed-Mock-Up Simulators für arbeitswissenschaftliche Untersuchungen. In: G. Szwillius & J. Ziegler (Hrsg.), Mensch und Computer 2003: Interaktion in Bewegung. Stuttgart: Teubner, 145-154.
5. Spath, D., Hagenmeyer, L. & Braun, M. 2003, Integrative Production Planning by Means of Virtual Reality Simulation Techniques, Production Engineering – Research and Development in Germany, 10, 57-60.
6. Stanney, K., Salvendy, G. & Deisinger, J. 1998, Aftereffects and Sense of Presence in Virtual Environments: Formulation of a Research Agenda, International Journal of Human-Computer Interaction, 10, 135-187.
7. VDI-Gesellschaft Fördertechnik Materialfluss Logistik (Hrsg.) 1995, Auswahl und Ausbildung von Kranführern, VDI 2194-04. Berlin:Beuth.

Anforderungen an die benutzerzentrierte Gestaltung einer Kognitiven Steuerung für Selbstoptimierende Produktionssysteme

Marcel MAYER, Barbara ODENTHAL, Morten GRANDT und Christopher SCHLICK

*Institut für Arbeitswissenschaft, RWTH Aachen,
Bergdriesch 27, D-52062 Aachen*

Kurzfassung: Um im stetig steigenden globalen Wettbewerb bestehen zu können, muss die Wettbewerbsfähigkeit von Hochlohnländern durch neue Ansätze gesteigert werden. Eine Lösungshypothese stellt dabei die im Rahmen des Exzellenzclusters „Integrative Produktionstechnik in Hochlohnländern“ entwickelten selbstoptimierenden Produktionssysteme dar. Basierend auf den Aufgaben des Menschen in automatisierten Systemen werden neue Anforderungen an die Rolle des Menschen in diesen neuartigen Systemen aufgezeigt.

Schlüsselwörter: Kognitive Steuerung, Benutzerzentrierung.

1. Einleitung

Aufgrund des stetig steigenden globalen Wettbewerbs muss die Frage geklärt werden, unter welchen Randbedingungen Unternehmen in Hochlohnländern wie Deutschland noch erfolgreich produzieren können. Im Rahmen des Exzellenzclusters „Integrative Produktionstechnik in Hochlohnländern“ an der RWTH Aachen wird daher das Ziel verfolgt, die Wettbewerbsfähigkeit deutscher Produktionstechnik durch Entwicklung neuer produktionswissenschaftlicher Strategien, Methoden und Maßnahmen zu steigern. Eine Lösungshypothese zur effektiven Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit stellt die Entwicklung selbstoptimierender Produktionssysteme dar. Um dieses Ziel zu erreichen, wird als Ansatz die Erweiterung vorhandener, klassisch automatisierter Fertigungs- und Produktionsanlagen um kognitive Funktionen verfolgt. Sie sollen zukünftig in der Lage sein, bei gegebener Zielsetzung vorwiegend eigenständig Abläufe zu planen, auf Produktvarianten schnell zu reagieren, Abläufe zu optimieren und – sofern sie nicht in der Lage sind, gesetzte Ziele zu erreichen – Unterstützung durch den Menschen anzufordern.

Die in der Vergangenheit aufgetretenen Fehler bei der Automatisierung von Mensch-Maschine-Systemen verdeutlichen die Notwendigkeit der benutzerangepassten Auslegung solcher kognitiven Systeme. Ausgehend von den Aufgaben des Menschen in einem klassisch automatisierten System werden daher im Folgenden die Anforderungen an die benutzerzentrierte Gestaltung eines kognitiven Systems aufgezeigt.

2. Aufgaben des Menschen in automatisierten Systemen

In einem klassisch automatisierten Produktionssystem obliegt dem Menschen vorrangig die Programmierung und Überwachung des technischen Systems. Daraus ergeben sich nach Sheridan (2002) die Arbeitsphasen Planung (plan), Umsetzung (teach), Überwachen (monitor), Intervention im Fehlerfall (intervene) und Ableiten

von Wissen (learn). Im laufenden automatisierten Prozess liegt der Aufgabenschwerpunkt des Menschen dabei im Bereich der Überwachung, dem Einschreiten im Fehlerfall und der daraus ggf. folgenden Anpassungen des Prozesses. Abbildung 1 zeigt die in einem solchen System auftretenden Informationsflüsse und Handlungsabfolgen.

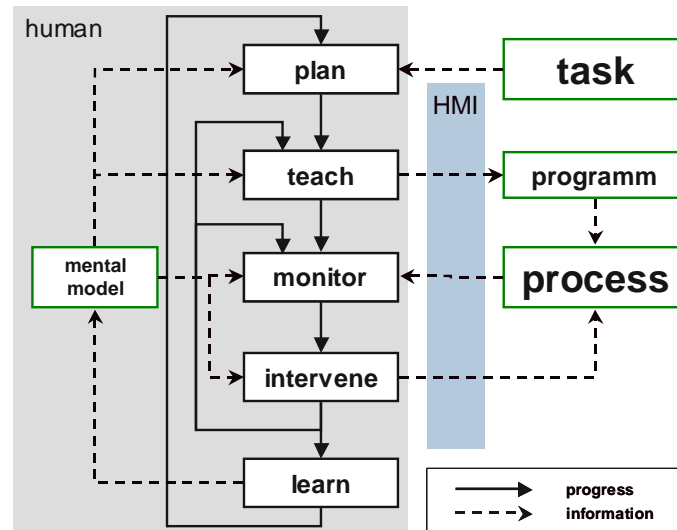


Abbildung 1: Aufgaben des Menschen in einem klassisch automatisierten Mensch-Maschine-System (angelehnt an Sheridan 2002)

Nach Sheridan (2002) kann die Führung eines automatisierten Prozesses mit der Führung von Menschen innerhalb hierarchisch strukturierter Organisationen verglichen werden: Unterstellte Personen leisten Zuarbeit und präsentieren ihre Arbeitsergebnisse dem Vorgesetzten, der daraufhin weitere Entscheidungen trifft. Wissen, Fähigkeiten und Fertigkeiten der Mitarbeiter bestimmen, inwieweit und wie oft die vorgesetzte Person eingreifen muss. Betrachtet man Automatisierung aus diesem Blickwinkel, handelt es sich bei der Automation um einen unterstellten Mitarbeiter mit stark beschränkten kognitiver Leistung. Das Ziel muss also sein, Automatisierung „intelligenter“ zu gestalten.

3. Aufbau eines Kognitiven Prozess- und Ausführungssystems

Ziel ist es also, eine „intelligenter“ kognitive Steuerung zu entwickeln, die an kognitive Architekturen angelehnt ist, welche die menschliche Kognition abbilden (Strohner 1995). Dabei können die kognitiven Funktionen des Menschen in mehrere voneinander abhängige Bereiche unterteilt werden:

- **Perzeption:** Aufnahme von Informationen aus der Umwelt
- **Problemlösung:** Kognition im engeren Sinne, die auf das Kurzzeit- und Langzeitgedächtnis aufsetzt
- **(Inter-)Aktion:** Ausgabe von Handlungen oder Informationen

In kognitiven Architekturen kommt insbesondere dem Kurzzeitgedächtnis eine zentrale Funktion zu, da es die Schnittstelle zur Perzeption beinhaltet und die darüber wahrgenommenen Informationen speichert. Weiter umfasst es die Schnittstelle zu dem Bereich, der für die Interaktion mit der externen Umgebung verantwortlich ist. Um situationsgerechte Aktionspläne zu entwickeln, greift die Entscheidungsfindung

auf die Gedächtnismodule (Langzeit- und Kurzzeitgedächtnis) zu und bezieht von dort die zur Entscheidung notwendigen Informationen. Über den Handlungsspeicher des Kurzzeitgedächtnisses wird dann ggf. eine Aktion initiiert.

Ein kognitives Kontrollsystem soll über eine multimodale Benutzungsschnittstelle verfügen, mittels derer der Operateur zum einen alle wichtigen, das Produktionsumfeld betreffenden Informationen aufnehmen und zum anderen die Interaktion mit dem kognitiven System vornehmen kann.

4. Aufgabenverteilung in kognitiven automatisierten Systemen

Bei einer kognitiven Steuerung, die Handlungsanweisungen an die Produktionsanlagen bzw. Eingabeaufforderungen an den Menschen auslöst, ergibt sich analog zu Abbildung 1 ein erweitertes Ablaufschema (Abbildung 2). Planung und Einrichten sind hier als Teilaufgaben des kognitiven Systems vorgesehen. Dieses ist aufgrund seiner Wissensbasis in der Lage, eine übergebene Aufgabe in Bezug auf den Ablauf und die Umsetzung eigenständig zu planen. In der Planung wird die übergebene abstrakte Aufgabe zunächst in einen Ablauf transformiert. Dieser besteht weitestmöglich aus Aufgabenprimitiven, die im Prozesswissen des kognitiven Systems abgelegt sind. Dieses Prozesswissen ermöglicht auch die Zuordnung der Aufgabenprimitive zu entsprechenden Handlungsprimitiven, also das Definieren von Anweisungen an Teilkomponenten. Im laufenden Prozess übernimmt das System die parallele und kontinuierliche Überwachung der Prozessparameter.

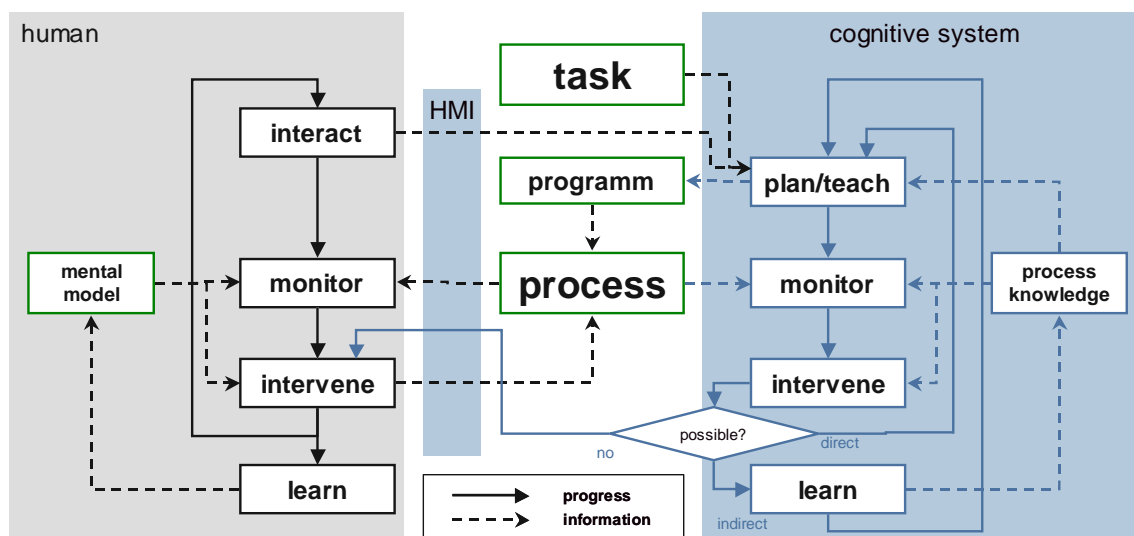


Abbildung 2: Erweitertes Modell der Aufgabenteilung zwischen Mensch und Maschine

Beim Einsatz einer kognitiven Steuerung ergeben sich drei mögliche Szenarien:

- Eine Lösung kann aufgrund vorliegender Regeln (Wissen) direkt gefunden und durch die kognitive Steuerung umgesetzt werden.
- In der Wissensbasis der Steuerung existiert für die gegebene Situation keine direkt anwendbare Regel. Jedoch kann die Gesamtaufgabe in Teilaufgaben gegliedert werden, für die in der Wissensbasis Regeln vorliegen. Die Gesamtheit der daraus ableitbaren Teillösungen wird als neue Regel in der Wissensbasis abgelegt. Das System regelt sich selbsttätig ein.
- Eine Lösung kann weder direkt noch durch das Bilden von Teilaufgaben ge-

funden werden. Der Mensch muss als Problemlöser herangezogen werden. Fehlendes Wissen kann der Operateur an das System übergeben. Ab sofort kann die Maschine auf dieses Wissen zugreifen und in ähnlichen Situationen selbsttätig reagieren. Handelt es sich aber z.B. um den verschleißbedingten Austausch von Werkzeugen, muss der Mensch das Problem beheben. Die Maschine wird auch beim nächsten Mal Unterstützung anfordern.

Durch den Einsatz einer kognitiven Steuerung ändert sich das Aufgabenspektrum des Facharbeiters. Auf der einen Seite verringern sich die Anteile bisheriger Aufgaben wie Planung (plan) und Umsetzung (teach), auf der anderen Seite steigen die Anforderungen an den Facharbeiter im Falle eines notwendigen Eingriffes (interact).

5. Fazit

Durch eine kognitive Automation werden bspw. Planungsaufwände für den Menschen verringert. Der Mensch muss allerdings detailliert über den Maschinen- und Prozesszustand informiert werden, um Entscheidungen treffen zu können. Als wichtige Grundanforderung an die benutzerzentrierte Gestaltung kognitiver selbstoptimierender Systeme ergibt sich daraus die Transparenz des Systemverhaltens. Insbesondere bei einer Systemstörung müssen dem Bediener alle situationsrelevanten Informationen in einer ihm verständlichen Weise vermittelt werden, um einen gezielten Systemeingriff zu ermöglichen.

Aufgrund der Systemkomplexität und der Aussicht, dass der Operateur vermutlich mehrere kognitive Systeme parallel überwacht, erscheint es allerdings fraglich, ob bisherige Ansätze zur benutzerzentrierten Automatisierung (z.B. Billings, 1991), die eine ständige Einbindung des Operateurs in den Regelkreis anstreben, hier greifen. Der Schwerpunkt liegt deshalb vielmehr darauf, den Menschen im Störfall möglichst schnell und effektiv zu informieren und ggf. anzuleiten. Hierzu bedarf es neuer Technologien und Methoden, welche den unterschiedlichen Fähigkeiten und Voraussetzungen des Menschen Rechnung tragen (Odenthal 2008).

6. Literatur

1. Billings, C. E. 1991, Human-centered aircraft automation: A concept and guidelines. Moffet Field, CA: NASA Technical Memorandum 103885.
2. Odenthal, B., Mayer, M., Grandt, M. & Schlick, C. 2008, Konzept eines Lehr-/Lernsystems 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, 211-214.
3. Sheridan, T. B. 2002, Humans and Automation: System Design and Research Issues. Santa Monica, CA: John Wiley & Sons.
4. Strohn, H. 1995, Kognitive Systeme – Eine Einführung in die Kognitionswissenschaft. Opladen: Westdeutscher Verlag.

Die Arbeiten werden von der Deutschen Forschungsgemeinschaft im Rahmen des Exzellenzclusters „Integrative Produktionstechnik für Hochlohnländer“ gefördert.

Risikobewertung bei der virtuellen Mensch-Roboter-Kooperation

Jan Andries NEUHÖFER, Morten GRANDT und Christopher M. SCHLICK

*Institut für Arbeitswissenschaft, RWTH Aachen,
Bergdriesch 27, D-52062 Aachen*

Kurzfassung: Ausgehend von einem erweiterten Modell des Situationsbewusstseins nach Endsley kommt dem Gefahrenbewusstsein des Planers bei der simulationsgestützten Absicherung industrieller Mensch-Roboter-Kooperationsprozesse eine besondere Rolle zu. Es soll empirisch untersucht werden, inwieweit bestimmte Attribute von Planungssystemen (Darstellungsmodus, Ausgabemedium, Perspektive und Virtualität) einen Einfluss auf die Immersion des Benutzers in den simulierten Werker haben und das Gefahrenbewusstsein beeinflussen.

Schlüsselwörter: Gefahrenbewusstsein, Virtuelle und Erweiterte Umgebungen, Mensch-Roboter-Kooperation.

1. Einleitung

Der schon heute absehbare Fachkräftemangel erfordert mittel- und langfristig eine Umgestaltung der Arbeitsprozesse in der Fertigung und in anderen Bereichen. Vor dem Hintergrund der erzielten Fortschritte im Bereich der Robotik kann angenommen werden, dass die weitere Automatisierung von Fertigungsprozessen als ein möglicher Lösungsweg beschritten werden wird. Da aber Arbeitsprozesse nicht vollständig automatisiert werden können, gewinnt die Frage nach neuen Formen der Arbeitsteilung zwischen Mensch und Roboter zunehmend an Bedeutung. Eine in Bezug auf die zukünftigen Randbedingungen optimierte Funktionszuordnung könnte sich durch innovative Technologien und Verfahren zur direkten Mensch-Roboter-Kooperation ergeben. Insbesondere aus Sicht der Sicherheitstechnik und des Arbeitsschutzes ist dieser Ansatz allerdings nicht unkritisch, da die bislang praktizierte räumliche Separation zwischen dem Gefahrenbereich des Roboters und der Arbeitsperson bei einem Kooperationsansatz aufgegeben werden muss (Sonneck 2006). Die Inbetriebnahme entsprechender Fertigungsanlagen, z. B. zur Unterstützung manueller Montageprozesse mit Handling-Robotern, bedarf deshalb einer gründlichen Absicherung in Bezug auf die Einhaltung existierender Sicherheitsvorschriften (Meyer 2006).

Die rechnergestützte Durchführung dieser Überprüfung ermöglicht eine effektive und frühzeitige Gefährdungsanalyse und Optimierung sicherheitskritischer Mensch-Roboter-Kooperationsprozesse und trägt somit sowohl zur Kosten- und Zeitersparnis als auch zu einem hohen Sicherheits- und Qualitätsniveau der realisierten Lösung bei.

Die Qualität des Planungsprozesses hängt jedoch wesentlich davon ab, inwieweit der Prozessplaner ein Bewusstsein für die Gefährdungen (Risk Awareness) entwickeln kann, die sich aus dem Umgang mit dem Roboter ergeben. Dieses Gefahrenbewusstsein sollte im Vergleich zum tatsächlichen Prozess weder untertrieben noch übersteigert sein, da einerseits fatale Fehleinschätzungen und Gefährdungen im laufenden Betrieb resultieren könnten, andererseits eine effiziente Prozessplanung er-

schwert würde.

Eine hohe Realitätsstreue lässt sich prinzipiell durch den Einsatz von Technologien der Virtuellen Umgebungen, also Augmented Reality (AR) und Virtual Reality (VR), erreichen. Allerdings ist unklar, welche Gestaltungsvarianten ein hohes und valides Gefahrenbewusstsein bei der Planung von Mensch-Roboter-Kooperationsprozessen sicherstellen. Um ergonomische Gestaltungsempfehlungen zu entwickeln, sollen die Zusammenhänge zwischen Gestaltungsmerkmalen eines solchen Planungssystems und dem resultierenden Gefahrenbewusstsein im Rahmen empirischer Untersuchung näher beleuchtet werden.

2. Virtuelle Objektnähe und Gefahrenbewusstsein

Legt man dabei Endsleys Modell für Situationsbewusstsein (Endsley 1995) zugrunde (siehe Abbildung 1), so kann beim Gefahrenbewusstsein von einem vierten Level parallel zu den Phasen Erfassen, Begreifen und Projizieren ausgegangen werden, der die Einschätzung der Gefahr durch den Menschen maßgeblich bestimmt.

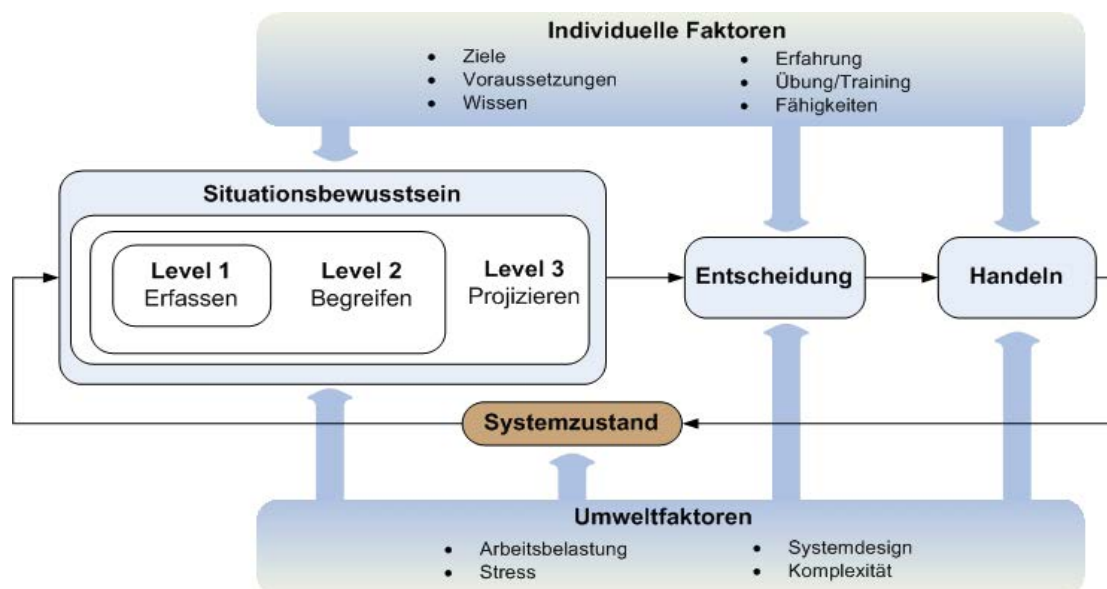


Abbildung 1: Situationsbewusstsein nach Endsley (Endsley 1995; Endsley & Garland 2000)

Dieser Level koexistiert während jeder der drei Grundphasen, da sowohl bei der Perzeption als auch beim darauf folgenden Begreifen und anschließenden Projizieren potentielle Gefahren evaluiert werden, und zwar zunächst instinktiv bzw. nicht bewusstsensibel und schließlich auch bewusst.

Neben den für die Perzeption relevanten Faktoren wie dem Vorhandensein und der Qualität visueller, auditiver, haptischer oder auch olfaktorischer Reize hat die Perspektive in virtuellen Umgebungen einen entscheidenden Einfluss auf die Interaktionseigenschaften (Schwall 2004). Deswegen kann davon ausgegangen werden, dass es von großer Bedeutung sein wird, wie stark der Benutzer des Systems die Rolle des menschlichen Protagonisten der Simulation einnimmt, wie sehr er sich ihr also mental nähert.

Diese Immersion in ein virtuelles Objekt hinein hängt inhaltlich stark mit der Immersion in rein virtuelle Umgebungen (VR) zusammen, ist aber auch in durch virtuelle Objekte erweiterten realen Umgebungen (AR) anwendbar. Sie wird von mehreren

unabhängigen Variablen beeinflusst, und zwar maßgeblich durch den Darstellungsmodus (monoskopisch oder stereoskopisch), das Ausgabemedium (z.B. Desktop Display oder Head-Mounted Display), die Perspektive (egozentrisch oder exozentrisch) und den Grad der Virtualität innerhalb der Szenerie.

3. Gestaltungsvarianten

Mithilfe eines Experimentalsystems sollen die Faktoren Darstellungsmodus, Ausgabemedium, Perspektive und Virtualität experimentell variiert und dadurch eine sukzessive Steigerung der virtuellen Objektnähe ermöglicht werden (Abbildung 2).

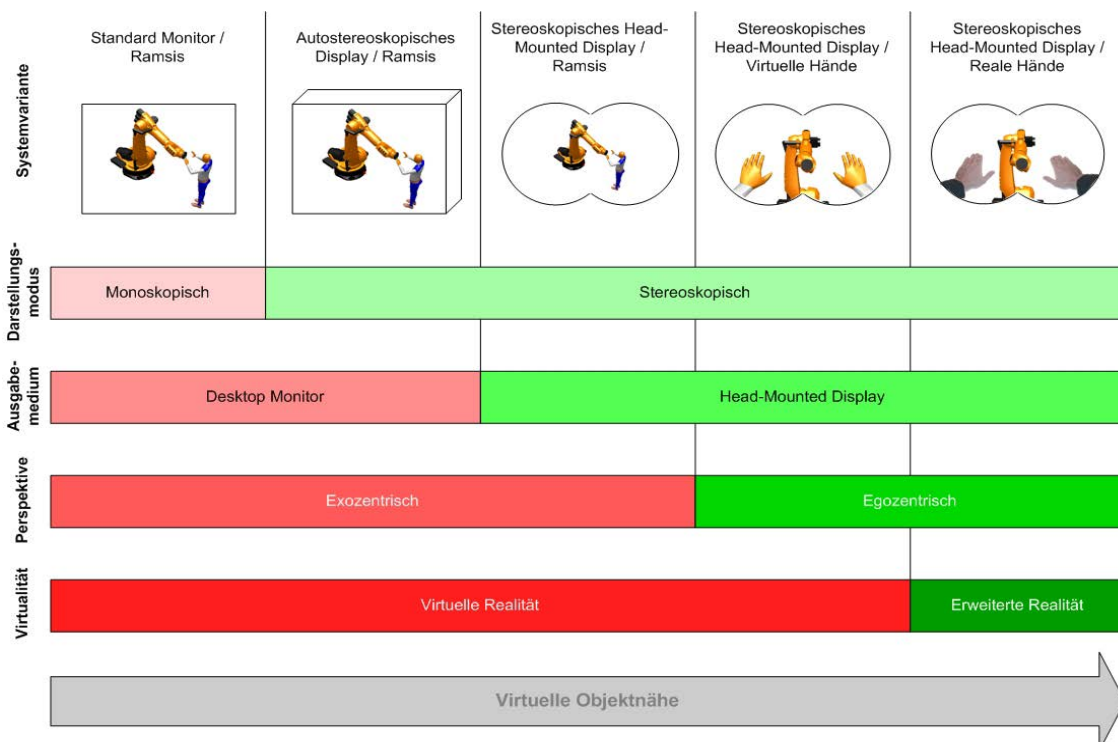


Abbildung 2: Unterschiedliche Systemvarianten zur sukzessiven Steigerung der virtuellen Objektnähe

Die Ausgabe in einem nur monoskopischen Standard-Monitor dient als Ausgangspunkt und entspricht der derzeit gebräuchlichsten Lösung; der Einsatz eines autostereoskopischen Displays dagegen hat bereits eine deutliche Steigerung der Immersion zur Folge. Ein tatsächlicher Eintritt in das virtuelle Szenario wird durch ein stereoskopisches Head-Mounted Display erreicht. Bieten die drei ersten Varianten noch eine exozentrische Perspektive mit einem Menschmodell als Protagonisten der Szene, so soll in der vierten Stufe auf die egozentrische Perspektive übergegangen werden, allerdings immer noch rein virtuell, d.h. auch hier werden die Extremitäten des Werkers mit dem Menschmodell visualisiert. Erst die finale fünfte Stufe soll durch Verwendung des HMDs im Video-See-Through bzw. optischen See-Through-Modus (Azuma 1997) die Sichtbarkeit der eigenen Körperteile (Hände, Beine) neben dem virtuellen Roboter erlauben und damit eine vollständige Identifikation mit dem Werker realisieren.

AR wird zwar eine tatsächliche Verschmelzung des realen Planers mit der virtuellen Welt erlauben, ist jedoch technologisch der weitaus anspruchsvollere Ansatz als

VR und kann sich beispielsweise durch Latenzeffekte (Renkewitz & Conradi 2005) negativ auf das Situationserleben (User Experience) auswirken. Des Weiteren muss davon ausgegangen werden, dass der Einsatz eines HMDs zwar die Immersion steigern wird, die typischen negativen Effekte jedoch – insbesondere die visuelle Ermüdung – einen negativen Effekt auf das Konzentrations- und damit Urteilsvermögen der Probanden haben wird.

4. Ausblick

In einer empirischen Studie sollen insgesamt 40 Probanden mehrere unterschiedliche Mensch-Roboter-Kooperationsprozesse aus dem Bereich der Montage einer Gefährdungsanalyse in den unterschiedlichen Systemsetups unterziehen. Die Bewertungen sollen diskret für jeden Teilschritt einer Sequenz in Anlehnung an den „Fragebogen zur Sicherheitsdiagnose“ (Hoyos 1993) erfolgen, einem etablierten Verfahren für den präventiven Arbeitsschutz. Dadurch soll zunächst der generelle Einfluss der virtuellen Objektnähe auf das Gefahrenbewusstsein untersucht werden. Die jeweiligen Einschätzungen werden dann in Relation zu einer Referenz-Beurteilung gesetzt, die zuvor in Zusammenarbeit mit einem Arbeitsschutz-Experten erarbeitet wird. Für die daraus erwachsende Gestaltungsempfehlung des Systems wird der oder den Systemkonfiguration(en) der Vorzug zu geben sein, welche eine ausgewogene Einschätzung der durch den Roboter verursachten Gefährdungen erlauben, wobei auch Wechselwirkungen mit anderen typischen Benutzerreaktionen wie Kinetose oder visuelle Ermüdung zu berücksichtigen sein werden.

5. Literatur

1. Azuma, R. 1997, A Survey of Augmented Reality. Teleoperators and Virtual Environments. Malibu: Hughes Research Laboratories.
2. Endsley, M.R. 1995, Toward a Theory of Situation Awareness in Dynamic Systems, Human Factors, 37, 32-64.
3. Endsley, M.R. & Garland, D.J. 2000, Theoretical Underpinnings of Situation Awareness: A Critical Review. In: M.R. Endsley & D.J. Garland (Eds.), Situation Awareness Analysis and Measurement. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
4. Hoyos, C. & Ruppert, F. 1993, Der Fragebogen zur Sicherheitsdiagnose (FSD): Entwicklung und Erprobung eines verhaltensorientierten Verfahrens für die betriebliche Sicherheitsarbeit. Bern: Huber.
5. Meyer, C. 2006, Lösungen zur Mensch-Roboter-Kooperation (MRO), Fraunhofer IPA Interaktiv 2/06, 16-17.
6. Renkewitz, H. & Conradi, J. 2005, On the Effects of Tracking Error and Latency for Augmented Reality Interaction. In: T. Kuhlen, L. Kobbelt & S. Müller (Eds.), Virtuelle und Erweiterte Realität, 2. Workshop der GI-Fachgruppe VR/AR. Aachen: Shaker.
7. Schwall, J. 2004, 3D-Interaktion, Arbeit zum Projektseminar „Interaktive 3D-Stadtplanung, Universität Münster.
8. Sonneck, A. 2006, Sichere Kooperation zwischen Mensch und Industrieroboter, Medienmitteilung Firma ABB, <http://www.abb.com/cawp/seitp202/cf936cf578d58ba0c1257220002a88d5.aspx>

Die Arbeiten werden von der Deutschen Forschungsgemeinschaft im Rahmen des Exzellenzclusters „Integrative Produktionstechnik für Hochlohnländer“ gefördert.

Konzept eines Lehr-/Lernsystems einer kognitiven Steuerung für Selbstoptimierende Produktionssysteme

Barbara ODENTHAL, Marcel MAYER, Morten GRANDT und Christopher SCHLICK

*Institut für Arbeitswissenschaft, RWTH Aachen,
Bergdriesch 27, D-52062 Aachen*

Kurzfassung: Die fortschreitende Globalisierung hat u.a. eine Verlagerung der Arbeitsplätze ins Ausland zur Folge. Um Lösungen für eine erfolgreiche Produktion in Deutschland zu finden, wurde im Rahmen der Exzellenzinitiative das Projekt „Integrative Produktionstechnik in Hochlohnländern“ initiiert. Eine Lösungshypothese stellt die Entwicklung selbstoptimierender Produktionssysteme dar. Diese lernfähigen Systeme, die Wissen erwerben und zur Optimierung des Fertigungsprozesses auf neue Produktionsfälle übertragen können, stellen neue Anforderungen an Wissenserwerb und -management des Facharbeiters. Um diesen Anforderungen zu begegnen, wird der Ansatz eines AR-basierten Lehr-/ Lernsystems verfolgt.

Schlüsselwörter: Lehr-/Lernsystem, Augmented Reality, Produktion.

1. Einleitung

Aufgrund der fortschreitenden Globalisierung werden zunehmend Arbeitsplätze von Hochlohn- zu Niedriglohnländern verlagert. Um insbesondere Produktionsarbeitsplätze in Hochlohnländern zu halten, muss geklärt werden, unter welchen Randbedingungen Unternehmen in Hochlohnländern noch erfolgreich produzieren können. Im Rahmen der Exzellenzinitiative wurde der Exzellenzcluster „Integrative Produktionstechnik in Hochlohnländern“ initiiert, um neue produktionswissenschaftliche Strategien, Methoden und Maßnahmen zur Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit deutscher Produktionstechnik zu entwickeln. Eine Lösungshypothese stellt die Entwicklung selbstoptimierender Produktionssysteme dar, die gerade mit qualifizierten technischen Personal in Hochlohnländern entwickelt und betrieben werden können bzw. auf dieses angewiesen sind. Innerhalb des Themenbereiches „Selbstoptimierung“ wird die Entwicklung eines kognitiven Steuerungssystems angestrebt, welches aufgrund eigener Fähigkeiten und durch Kooperation mit dem Facharbeiter in der Lage ist, den Ablauf eines robotergestützten Montageprozesses unter variablen Randbedingungen autonom zu optimieren und – soweit notwendig – in Kooperation mit dem Menschen den Zusammenbau eines komplexen Fertigteils aus einfachen Grundelementen durchzuführen. Die Interaktion und die Kooperation des Facharbeiters mit einem solchen System stellt eine Vielzahl neuer Anforderungen an Wissenserwerb und Wissensmanagement des Bedieners. Um beispielsweise den zeitlichen Aufwand des Qualifizierungsprozess zu minimieren und damit die Leistungen der beteiligten Mitarbeiter maximieren zu können, ist ein entsprechender Lernprozess des Bedieners erforderlich. Dieser soll nach Möglichkeit weitgehend im Arbeitsprozess stattfinden. Daher müssen neue Konzepte und Methoden der vorausschauenden Personal- und Kompetenzentwicklung zum Aufbau, zur Weiterentwicklung der erforderlichen Kompetenzen und zur Unterstützung des Operators entwickelt werden.

Bei Einsatz einer kognitiven Steuerung liegen die wesentlichen Aufgaben des Operators in der Überwachung, der Kontrolle, im Falle von Störungen im Eingriff in das selbstoptimierende System und insbesondere in der Kooperation und der Interaktion mit dem selbstoptimierenden System (Mayer et al. 2008). Gerade im Bereich der Montage steigt in zunehmendem Maße auch die Bedeutung der Mensch-Roboter-Kooperation (Neuhöfer et al. 2007). Für ein Lehr-/Lernsystem, aber auch für die Gestaltung einer Benutzungsschnittstelle, die eine ergonomische Interaktion mit der kognitiven Steuerung ermöglicht, stellt der Rückgriff auf Augmented Reality (AR)-Methoden einen möglichen Lösungsansatz dar. Informationen sowohl des Maschinenzustandes als auch der notwendigen Arbeitsschritte bzw. relevanten Fertigungs- und Montageinformationen können situativ im Arbeitsprozess zur Verfügung gestellt werden (Azuma et al. 2001; Genc et al. 2002). Für viele Anwendungsbereiche liegen bereits AR-basierte Systeme als Prototypen vor, in der Produktion insbesondere im Bereich der Montage und der Wartung. Diese weisen allerdings noch teils erhebliche ergonomische Gestaltungsmängel auf (Park 2007, S.45). Darüber hinaus muss sich ein Lehr-/Lernsystem an den Benutzer anpassen können, z.B. in Bezug auf Vorwissen, Fähigkeiten und die individuelle Art zu lernen.

Im Folgenden wird ein Ansatz zur Realisierung eines AR-basierten, adaptiven Lehr-/Lernsystems beschrieben, welches im ersten Schritt auf die persönlichen Lernstrategien abgestimmt wird und im zweiten Schritt Lernfortschritte und bereits vorhandenes (Vor-) Wissen berücksichtigt.

2. Konzept des Lehr-/Lernsystems

Die heute in der Produktion bekannten AR-basierten Systeme bieten unabhängig vom Benutzer die gleichen Informationen in der gleichen Reihenfolge an. Bei wiederholtem Gebrauch eines solchen Systems wird dies wegen des zunehmenden Wissensstands als unnötig oder sogar lästig empfunden, was zu einer ablehnenden Haltung und somit einem ausbleibenden Gebrauch führen kann. Aus dem Bereich der Hypermediasysteme liegen erste Untersuchungen bzgl. des Einflusses der Berücksichtigung der Benutzer- bzw. Lernerperspektive auf die Lernergebnisse und den Lernerfolg in der Hochschulausbildung vor. Diese geben Anlass zur Annahme, dass die Berücksichtigung der Nutzerperspektive bzgl. des individuellen Lernstils den Lernprozess und die Akzeptanz positiv unterstützt (z.B. Staemmler 2005).

Angelehnt an Honey und Mumfort (1992) sind in Abbildung 1 die Einflussgrößen auf das Lernen und den Lernerfolg dargestellt. Es lassen sich in Bezug auf die Entwicklung eines AR-basiertes Lernsystems folgende Klassifikation und untergeordnete Einflussgrößen identifizieren:

- **Lerner:** Ein adaptives Lehr-/Lernsystem soll die Lernstile, das vorhandene Wissen und die Lernmethoden als Einflussgrößen berücksichtigen. Bei Lernstil handelt es sich um die „Präferenz eines Lernenden für eine bestimmte Art und Weise des Lernens“ (Zhang & Sternberg 2001 zitiert in Staemmler 2005). Unter Lernmethoden versteht man Verfahren zum Aneignen, Erhalt oder Erweiterung von Kenntnissen, Fähigkeiten, Fertigkeiten und Kompetenzen.
- **Didaktik:** Nach Swertz (2004) geht es in der Didaktik „um die Auswahl und die Organisation von Wissen mit dem Ziel der Weitergabe des Wissens.“ Die Didaktik eines Lehr-/Lernsystems beschreibt somit aus den Arbeitsinhalten abgeleitete Lehrinhalte und die zur Vermittlung anwendbaren Lehrmethoden.
- **„Lehrer“:** In der Umsetzung des Lehr-/Lernsystems geht es um die Auswahl

bzw. Berücksichtigung der dem System zu Grunde liegenden Technologie und die damit verbundene Wirkung des „Lehrers“ bzw. Mediums auf den Lernenden.

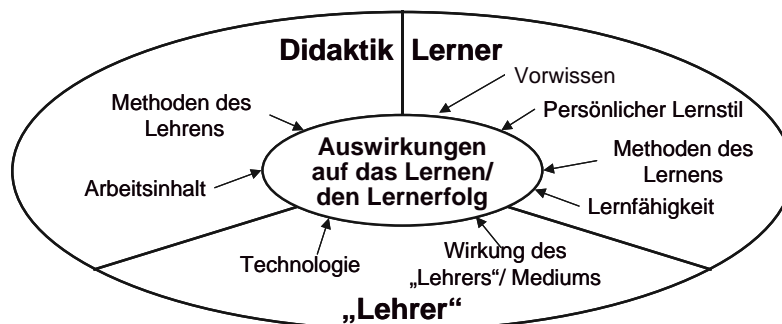


Abbildung 1: Einflussfaktoren auf das Lernen und den Lernerfolg

Diese drei Betrachtungsbereiche stehen beim Aufbau des Lehr-/Lernsystems in Wechselwirkung zueinander und lassen sich nicht unabhängig voneinander betrachten und untersuchen.

2.1 Lerner

In der psychologischen, erziehungs- und kognitionswissenschaftlichen Literatur finden sich mehr oder weniger validierte Klassifikationen von Lernstilen und Lerntypen (siehe hierzu z.B. Cassidy 2004). Um den Lernprozess zu unterstützen und zu optimieren, erscheint eine Lernprozess-orientierte Lernerklassifikation vielversprechend. Das Lernen ist ein lebenslanger Prozess. Der menschliche Lernprozess kann nach Honey und Mumfort (1992) als ein nicht endender Kreislauf betrachtet werden, wobei jeder Zyklus aus vier Schritten besteht: Erfahrungen machen; Reflexion der gemachten Erfahrungen; Schlüsse ziehen aus den Erfahrungen; Testen der Konzepte. Eine darauf aufbauende Lernerklassifikation nach Honey und Mumfort (1992) basiert auf der Annahme, dass jeder Lerner diese vier Schritte durchläuft. Dabei bevorzugt jedes Individuum bestimmte Phasen für den Lernprozess.

2.2 Didaktik

Ausgehend von einer Zusammenstellung und Klassifikation von didaktischen Modellen werden diese dahingehend klassifiziert, ob sie in einem Produktionsumfeld mittels AR-Technologien umsetzbar sind. So erscheint bspw. ein simulationsbasiertes Planspiel als sinnvolles didaktisches Modell, um das Wissen und das notwendige Verhalten während der Handhabung der kognitiven Steuerung im Fehlerfall zu vermitteln. Notwendige Informationen und Möglichkeiten zur Behebung des Fehlers können der Darstellung der (Sicht-)Anzeigen der kognitiven Steuerung überlagert werden. Dabei werden den unterschiedlichen Präferenzen des Benutzers bzgl. der Darstellung der Informationen Rechnung getragen, indem die Informationen soweit möglich in unterschiedlicher Art und Weise dargestellt werden, und so vom Bediener auswählbar sind (Text, Film, graphische Symbole,...).

2.3 „Lehrer“

Die entsprechenden Inhalte werden mit den ausgewählten didaktischen Methoden

für ein AR-basiertes Lehr-/Lernsystem konzipiert, implementiert und mittels Laboruntersuchungen ergonomisch evaluiert. Diese Laboruntersuchungen dienen der Beantwortung der Frage, welches didaktische Modell für das Erlernen des notwendigen Wissens zur Erfüllung der anfallenden Aufgaben für den individuellen Lerntyp mit dem größten Lernerfolg verbunden ist.

3. Zusammenfassung und Ausblick

In diesem Beitrag wurde die Motivation und ein Ansatz für die Realisierung eines AR-basierten Lehr-/ Lernsystem dargestellt. Zunächst wird die Systemanpassung an den Lerntyp in einem Kooperationsszenario zwischen dem Menschen und der kognitiven Steuerung prototypisch umgesetzt. Unterschiedliche didaktische Modelle sollen als Lernmodule für ein AR-System konzipiert werden, um in empirischen Versuchsreihen zu untersuchen, in wie weit der individuelle Lerntyp und der Entwurf der Lernmodule Auswirkungen auf den Lernerfolg haben. Zeigen sich hier Zusammenhänge kann eine Adaption an die Benutzerpräferenzen realisiert werden.

4. Literatur

1. Azuma, R.T., Baillot, Y., Behringer, R., Feiner, S., Julier, S. & MacIntyre, B. 2001, Recent Advances in Augmented Reality, Computers & Graphics, 1-15.
2. Cassidy, S. 2004, Learning Styles: An overview of theories, models, and measures, Educational Psychology, 24, 419 – 444.
3. Genc, Y., Tuceryan, M. & Navab, N. 2002, Practical Solutions for Calibration of Optical See-Through Devices. In: Proceedings of IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality, 169-175.
4. Honey, P. & Mumford, A. 1992, The Manual of Learning Styles. Maidenhead: Berkshire.
5. 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, 203-206.
6. Neuhöfer, J., Grandt, M. & Schlick, C. 2007, Augmented Reality in der Robotik - Anwendungen und Perspektiven. In: M. Rötting, M., G. Wozny, A. Klostermann & J. Huss (Hrsg.). Prospektive Gestaltung von Mensch-Technik-Interaktion, Fortschritt-Berichte VDI, Reihe 22, Nr. 25. Düsseldorf: VDI Verlag, 375-378.
7. Park, M. 2007, Hand-Auge-Koordination bei videobasierten Augmented-Reality-Systemen in der Schweiß- und Medizintechnik. Aachen: Shaker Verlag.
8. Staemmler, D. 2005, Lernstile und Interaktive Lernprogramme. Wiesbaden: Deutscher Universitäts-Verlag.
9. Swertz, C. 2004, Didaktisches Design: Ein Leitfaden für den Aufbau hypermedialer Lernsysteme mit der Web-Didaktik. Bielefeld: Bertelsmann.
10. Zhang, L. F. & Sternberg, R.J. 2001, Thinking styles across cultures: Their relationships with student learning. In: R.J. Sternberg & L.F. Zhang, Perspectives on Thinking, Learning, and Cognitive Styles. London: Lawrence Erlbaum, 197-226.

Die vorgestellten Arbeiten wurden von der Deutschen Forschungsgemeinschaft im Rahmen des Exzellenzclusters „Integrative Produktionstechnik für Hochlohnländer“ gefördert.

Verbesserung manueller Mikromontagevorgänge durch Telepräsenztechnologie

Gunther REINHART, Marwan RADİ und Andrea REITER

*Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften,
Technische Universität München,
Boltzmannstr. 15, D-85748 Garching*

Kurzfassung: Prototypen und kleine Losgrößen von Produkten der Mikrosystemtechnik werden heute noch manuell gefertigt, was vom Personal hohes feinmotorisches Geschick und hohe Konzentration erfordert. Um ein ergonomisches und ermüdungsfreies Arbeiten zu ermöglichen, wird am Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften (iwb) eine telepräsenste Montageanlage für die Montage von Mikroprodukten entwickelt. In diesem Beitrag werden die Potentiale der telepräsensten Mikromontage durch die bilaterale Übertragung und die Skalierung der Signale vorgestellt.

Schlüsselwörter: Montage, Mikrotechnik, Telepräsenztechnologie.

1. Einleitung

Mikrokomponenten sind allgegenwärtig. Mikrofone und Lautsprecher im Handy, Tintenstrahldruckköpfe im Büro und die Einparkhilfe im Auto werden durch die Mikrotechnik möglich gemacht (Heeren et al. 2007). Für neue oder spezielle Anwendungen, beispielsweise für Sensorik, werden Mikrokomponenten trotz fortschreitender Automatisierung noch manuell montiert. Diese manuellen Tätigkeiten können vom Menschen nicht ohne Hilfsmittel ausgeführt werden, weshalb oft Mikroskope, Lupen und Pinzetten oder sonstige Greifwerkzeuge zum Einsatz kommen.

Diese Art der manuellen Montage stellt hohe Anforderungen an die menschliche Feinmotorik, um die geforderten präzisen Bewegungen im μm -Bereich ausführen zu können. Lange Anlernzeiten und hohe Ausschussquoten sind typische Probleme bei der manuellen Handhabung von Mikrobauteilen.

2. Begriffsdefinition Telepräsenz

Ein Telepräsenz- und Teleaktionssystem bezeichnet ein System, welches es einem Systembediener (Operator) ermöglicht sich in einer entfernten Umgebung präsent zu fühlen, und welches ihm die Möglichkeit zur Interaktion mit Objekten in der Remote-Umgebung gibt. Hierfür werden ihm visuelle, haptische und auditive Eindrücke durch die Sensorik des Systems (Teleoperator) in der entfernten Umgebung vermittelt (Abb. 1).

Im telepräsensten Montagesystem hat der Mensch keinen direkten Kontakt mit den zu montierenden Bauteilen. Stattdessen hat er ein haptisches Eingabegerät zur Manipulation zur Verfügung, von dem die Daten über einen Kommunikationskanal zu einem Teleoperator geschickt werden. Dieser ist mit geeigneten Werkzeugen und Sensoren zur Montage ausgestattet, die dem Bediener Feedback-Signale zurückliefern.

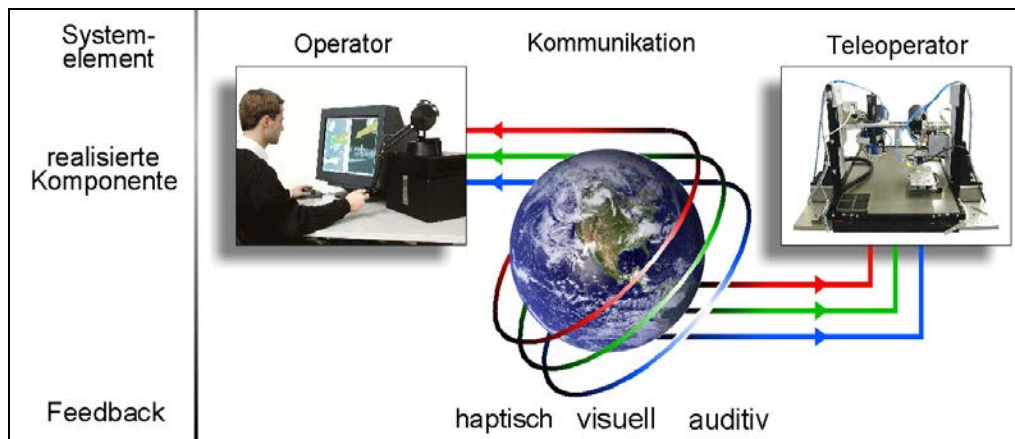


Abbildung 1: Schematisch dargestelltes Telepräsenzsystem für die Montage

3. Ergonomische Aspekte des telepräsenten Mikromontagesystems

3.1 Trennung von Operator und Teleoperator

In der Mikromontage kann durch die Telepräsenztechnologie vermieden werden, dass im Reinraum eine Verschmutzung durch den Partikel emittierenden Menschen stattfindet. Im Reinraum selbst wird nur der Teleoperator platziert, der Operator kann außerhalb in der normalen Umgebungsluft arbeiten. Für den Bediener entfällt damit das Tragen spezieller Schutzkleidung während der Arbeit im Reinraum, welche der Verhinderung von Partikelemission durch den Menschen dient.

Andererseits führt die räumliche Trennung zu der Schwierigkeit, dass Signale zwischen beiden Seiten dieses bilateralen Systems übertragen werden müssen. Hierbei kommt es zu Verzögerungszeiten durch die Signalverarbeitung sowie dem Kommunikationskanal, welcher ein aktives Element darstellt und zur Instabilität des Systems führt. Verzögerungen bei der Übertragung von Steuerungssignalen sowie Rückmeldungen des Teleoperators schränken die Leistung des Operators und dessen Immersionsgefühl stark ein. Diese Effekte der Signalverzögerung können durch Regelungsstrategien (Hannaford & Ryu 2002; Niemeyer & Slotline 19919 und Prädiktionsalgorithmen verringert werden (Clarke et al. 2007).

3.2 Arten von Feedback für die Montage

In der Telepräsenztechnologie gibt es verschiedene Arten von Feedback, welche realistische Eindrücke vom Teleoperator an den Operator vermitteln können. Für die Mikromontage ist es zusätzlich notwendig, dass die Feedbacksignale wie auch die Eingabesignale skaliert werden.

Haptisches Feedback: Um einen realitätsnahen Eindruck von der Arbeitsumgebung zu vermitteln, werden im telepräsenten System Kräfte vom Teleoperator zum Operatorarbeitsplatz übertragen und dort als haptische Signale ausgegeben.

Visuelles Feedback: Die Visualisierung ist unabdingbar für das Immersionsgefühl des Operators. Dies kann beispielsweise durch Live-Video-Streams, aber auch durch grafische Simulation erfolgen. Je nach Anwendung ist zu prüfen, welche Darstellung den Operator am besten unterstützt.

Auditives Feedback: In einer Untersuchung der im Paragraf 4 beschriebenen Montageanlage am iwB wurde belegt, dass auditives Feedback bei gleichzeitigen visuellen und haptischen Meldungen für diesen Anwendungsfall keinen höheren Präsenzeindruck der Arbeitsumwelt liefert (Petzold et al. 2004)

4. Aufbau eines telepräsenten Mikromontagesystems

Am iwv wurde eine telepräsente Montageanlage aufgebaut. Diese verfügt über Greifer, Kameras, Kinematikkomponenten zum Positionieren von Bauteilen und Sensoren zur Übertragung von Feedbacksignalen.

4.1 Feedback am Mikromontagesystem

Zur Verbesserung der Feedbacksignale (siehe 3.2) wurde ein neuer Greifer entwickelt und ein Kamerasystem installiert. Der entwickelte Greifer (Abb. 2) orientiert sich am realen Greifvorgang der menschlichen Hand.

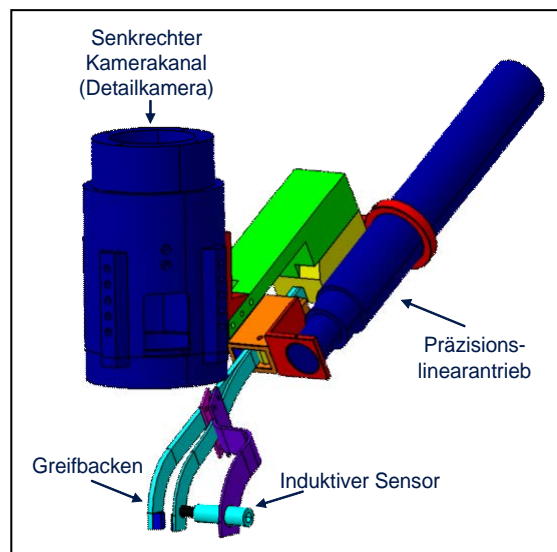


Abbildung 2: Greifer mit Sensorik

Solange die Hand das Objekt festhält, muss sie Kraft aufwenden, d.h. der Mensch spürt das Vorhandensein des Objekts durch eine Gegenkraft. Im Montagesystem erfolgt die Erfassung der Greifkraft indirekt durch einen induktiven Sensor, der die Abstandsänderung zur Greifbacke detektiert, wenn diese das Objekt fasst. Diese Abstandsänderung wird am Joystick durch Vibration ausgegeben, was dem Operator den Zustand „Bauteil gegriffen“ signalisiert. Verliert der Greifer das Bauteil, führt dies erneut zu einem Sensorsignal, so dass der Operator diesen Fehler sofort bemerken kann. Würden nur die Zustände Greifer offen und Greifer geschlossen erfasst, wäre dies nicht möglich, da auch beim Verlust der Greifer weiterhin im Zustand geschlossen verbliebe.

Zur Darstellung des visuellen Feedbacks wurden zwei Kameras am Teleoperator installiert. Die Videobilder werden dem Bediener an einem Monitor ausgegeben.

4.2 Skalierung von Ein- und Ausgangsgrößen

Skalierung von Kräften: Um die hochempfindlichen Bauteile nicht zu zerstören, werden die Greif- und Andrückkräfte für eine deutlich spürbare Force Feedback-Wiedergabe auf Bedienerseite vergrößert. Der Vergrößerungsfaktor der Signale ist für die Greif- und Kollisionsvorgänge anpassbar.

Optische Skalierung: Sie erfolgt durch eine senkrecht im Werkzeugkopf angebrachte Vergrößerungskamera mit telezentrischem Objektiv. Zur Erweiterung der zweidimensionalen Sichtweise wird die Zoomfunktion der Übersichtskamera genutzt, welche eine seitlich schräge Perspektive von Greifer und Objekt bietet.

Skalierung der Geschwindigkeit: Die Auslenkung des Joysticks bestimmt die Geschwindigkeit des Teleoperators. Dabei kann das Übersetzungsverhältnis zwischen Auslenkung und Geschwindigkeit für die Grob- und Feinpositionierung während der Montagevorgänge verändert werden (Pongrac et al. 2007).

5. Bewertung und Ausblick

Ein Telepräsenzsystem kann durch seine Transparenz bewertet werden. Sie wird definiert als die Wahrnehmung der interaktiven Präsenz an einem realen Remote-Standort, welcher fern vom eigenen physischen Operator-Standort ist. Wenn das System zu hundert Prozent transparent ist, kann der menschliche Operator nicht zwischen der direkten Manipulation und einer Fernsteuerung unterscheiden (direkte und Remote-Montage). Folglich sollte die technologische Einwirkung für den menschlichen Operator transparent sein, wenn das Telepräsenzsystem für eine industrielle Montageaufgabe verwendet wird.

Um zu ermitteln, inwieweit das System für den Operator transparent ist, wurden zahlreiche Bewertungsmethoden erstellt (Witmer & Singer 1998) und ihre Gültigkeit diskutiert (Slater 1999). Es gibt aber nur wenige Studien in der Literatur darüber, wie die Transparenz quantitativ zu bewerten ist. Der Yokokohji Performance-Index (Yokokohji & Yoshikawa 1994) und das Z-Width Verfahren (Colgate & Brown 1994) sind zwei häufig verwendete Methoden.

Zur Erhöhung der Transparenz des am iwv verwendeten Montagesystems der vorgestellte Greifer konzipiert. Die Skalierungsmöglichkeiten der verschiedenen Signale tragen ebenfalls dazu bei, das System intuitiv bedienbar zu machen. Eine quantitative Bewertung der Systemtransparenz nach Colgate & Brown (1994) ist vorgesehen.

6. Literatur

1. Clarke, S., Schillhuber, G., Zaeh, M.F. & Ulbrich, H. 2007, Prediction-based methods for teleoperation across delayed networks, *Multimedia Systems*, 13/4, 253-261.
2. Colgate J. & Brown J. 1994, Factors affecting the Z-width of a haptic interface. In: *Proceedings of IEEE International Conference on Robotics and Automation*, 3205-3210.
3. Hannaford, B. & Ryu, J.H. 2002, Time-domain passivity control of haptic interfaces, *IEEE Transactions on Robotics and Automation*, 18, 1-10.
4. Heeren, H., Salomon, P. & El Fatatry, A. 2007, Micronano Systems – Challenges and Opportunities, *MicroNano News*, Nov 2007, 12-15.
5. Niemeyer, G. & Slotline, J.-J.E. 1991, Stable adaptive teleoperation, *IEEE Journal of Oceanic Engineering*, 16, 152-162.
6. Petzold, B., Zaeh, M.F., Faerber, B., Deml, B., Egermeier, H., Schilp, J. & Clarke, S. 2004, A study on visual, auditory and haptic feedback for assembly tasks, *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, MIT Press, 16-21.
7. Pongrac, H., Reiter, A., Faerber, B. & Zaeh, M.F. 2007, Evaluation of Joystick Sensitivity in Telemanipulative Microassembly. In: *Proceedings of IEEE International Workshop on Haptic Audio Visual Environments and their Applications*, 71-75.
8. Slater, M. 1999, Measuring Presence: A Response to the Witmer and Singer Presence Questionnaire, *Presence*, 8, 560-565.
9. Witmer, B.G. & Singer, M.J. 1998, Measuring Presence in Virtual Environments: A Presence Questionnaire, *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 7, 225-240.
10. Yokokohji Y. & Yoshikawa T. 1994, Bilateral control of master-slavemanipulation for ideal kinematic coupling-formulation and experiment, *IEEE Transactions on Robotics and Automation*, 10, 605-620.

Ein Modell zur zustandsbasierten Erzeugung von Montageanweisungen

Michael F. ZÄH und Mathey WIESBECK

*Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften,
Technische Universität München,
Boltzmannstraße 15, D-85748 Garching*

Kurzfassung: Digitale Assistenzsysteme zur Unterstützung des Werkers nehmen in der manuellen Montage immer weiter reichenden Einzug. Jedoch sind die zur Verfügung stehenden Systeme zur informationstechnischen Bereitstellung der Montageanweisungen bislang nicht optimal gestaltet. Die Darstellung von ablaufbedingten Folgen von Anweisungen führt nicht zu der erwarteten Produktivitätssteigerung. Die geringe situationsabhängige Unterstützung und die daraus resultierende deterministische Führung haben eine geringe Akzeptanz seitens des Werkers zur Folge. Im Beitrag wird eine Überwindung dieser Diskrepanzen im Rahmen von adaptiven und kognitiven Konzepten der Werkerführung auf Basis von Zustandsgraphen vorgestellt.

Schlüsselwörter: Montage, Arbeitsplanung, Werkerführung.

1. Einleitung

Vollautomatisierte Produktionssysteme, in denen menschliche Arbeitskräfte eine untergeordnete Rolle spielen, wurden lange Zeit als brauchbare Ausprägung zukünftiger Produktionsstrukturen angesehen. Für sich wiederholende Aufgaben, wie zum Beispiel in der Massenfertigung, erscheinen solche Strukturen als sinnvoll. Den immensen kognitiven Fähigkeiten des Menschen zur Reaktion auf unvorhersehbare Ereignisse, zur Planung weiterer Schritte, zum Lernen, zum Sammeln von Erfahrungen und zur Kommunikation mit anderen trägt dieses Konzept jedoch nicht Rechnung.

Um ihre Wettbewerbsfähigkeit und somit ihre Existenz zu sichern, müssen sich Unternehmen durch die Wahl geeigneter Strategien an die veränderten Bedingungen des globalen Umfeldes anpassen (Feldmann 2004; Zäh et al. 2005). Die Konkurrenzfähigkeit der deutschen Betriebe hängt laut einer Studie des Fraunhofer ISI (Schirrmeyer et al. 2003) entscheidend von der Fähigkeit ab, „mit technologisch führenden Produkten und einer flexiblen und leistungsfähigen Produktion kundenindividuelle Produkte höchster Qualität herstellen zu können“. Gerade diese komplexen, stark variantenreichen Produkte lassen sich trotz globaler Konkurrenz auch in Hochlohnländern wirtschaftlich fertigen. Eine der Hauptschwierigkeiten bei der Herstellung derartiger Produkte liegt in der komplexen Montage, die unterschiedliche Arbeitsschritte für jedes Produkt notwendig macht. Seit Kurzem werden deswegen vermehrt neue Medien zur Unterstützung von Produktionsmitarbeitern eingesetzt (Zäh et al. 2005). Diese digitalen Assistenzsysteme, wie z. B. Augmented Reality am Arbeitsplatz, entsprechen in ihren bisherigen Formen jedoch nicht den Anforderungen hinsichtlich Flexibilität und Adaptivität.

Als Teil des von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) geförderten Exzellenzclusters 142 „Cognition for Technical Systems - CoTeSys“ untersucht das Pro-

jekt ACIPE (Adaptive Cognitive Interaction in Production Environments) Methoden zur Generierung von Montageanweisungen, welche an Werker und Umgebung angepasst sind. Dieser Beitrag umfasst das im Rahmen des Projektes entwickelte Prozessmodell zur Abbildung von Montageabläufen in Zustandsgraphen und zur Ableitung von Anweisungen hieraus.

2. Adaptive Bereitstellung von montagerlevanten Informationen

Darstellende digitale Assistenzsysteme in der manuellen Montage sind in ihren bisherigen informationstechnischen Konzepten nicht optimal gestaltet, um eine effiziente Werkerführung zu gewährleisten (Reinhart & Patron 2003). Zwar kann eine Reduzierung der mentalen Belastung wie auch eine Steigerung der Leistung für einzelne Aufgaben gezeigt werden (Tang et al. 2003), jedoch führte der Einsatz von Augmented Reality (AR) im Zusammenhang mit ablaufbedingten Folgen von Anweisungen nicht zu der erwarteten Produktivitätssteigerung (Dopping-Hepenstal 1981; Yeh & Wickens 2000). Das auftretende Phänomen des „Attention Tunneling“ führt zu einer Überreizung der Aufnahmefähigkeit des Werkers und in Folge dessen tritt eine Ablenkung von wichtigen Einflussgrößen der physischen Umgebung auf. Ein Grund hierfür liegt in der rein deterministischen Montageplanung und Generierung der Arbeitsanweisungen ohne Bezug zur tatsächlichen Produktionsumgebung. Die geringe situationsbezogene Unterstützung des Werkers und die daraus resultierende starre Führung ohne Einbindung der Umgebung führen zum oben genannten Phänomen und zu einer geringen Akzeptanz seitens der Werker (Livingston 2005). Eine Lösung dieser Diskrepanzen wird in adaptiven und kognitiven Methoden zur Generierung von Montageanweisungen gesehen. Die Basis bilden hierbei umgebungsabhängige und situationsgetriebene Pfade auf Zustandsgraphen.

2.1 Anwendung von Zustandsgraphen zur Generierung von Montageanweisungen

Die Basis der Anweisungsgenerierung bildet ein gerichteter Graph (Abbildung 1), welcher genau eine Quelle (Ausgangszustand Z_0) und genau eine Senke (Zielzustand Z_{Ende}) besitzt. Jedes zu fertigende Produkt ist durch einen Graphen definiert. Dieser produktspezifische Graph wird aus den bekannten konstruktions- und montagerlevanten Informationen abgeleitet.

Die Kanten des Graphen, z. B. $A_{0,1}$, stellen Instruktionen zu Montagetätigkeiten dar, welche, über die Kommunikationsmittel ausgegeben, den Werker anweisen, das zu fertigende Produkt von einem Zustand (Z_0) in den nächsten (Z_1) zu überführen. Der Pfad von dem Ausgangszustand Z_0 zu dem Zielzustand Z_{Ende} führt über die entsprechenden Zustände Z_1 bis $Z_{\text{Ende}-1}$. Die in der Abbildung 1 dargestellten Zwischenzustände (Z_{1-a1} , Z_{1-b1} , ...) sind über eine Detaillierung der Anweisungen zu erreichen. Hat ein Zustand mehr als eine ausgehende Kante $A_{i,j}$, so sind alternative Montage Reihenfolgen oder alternative Teile zur Montage möglich. Unter der Voraussetzung, dass keine Demontage des zu fertigenden Produktes möglich ist, enthält der Graph in der betrachteten Form keine Schleifen. Diese Vereinfachung bedingt, dass der Zielzustand Z_{Ende} von jedem Zustand des Graphen aus zu erreichen ist. Somit existieren keine Zustände des zu fertigenden Produktes, welche eine Fortführung der Montage behindern. Die Notwendigkeit der Modellierung von Demontageprozessen stellt einen Teil der aktuellen Forschungsarbeiten dar.

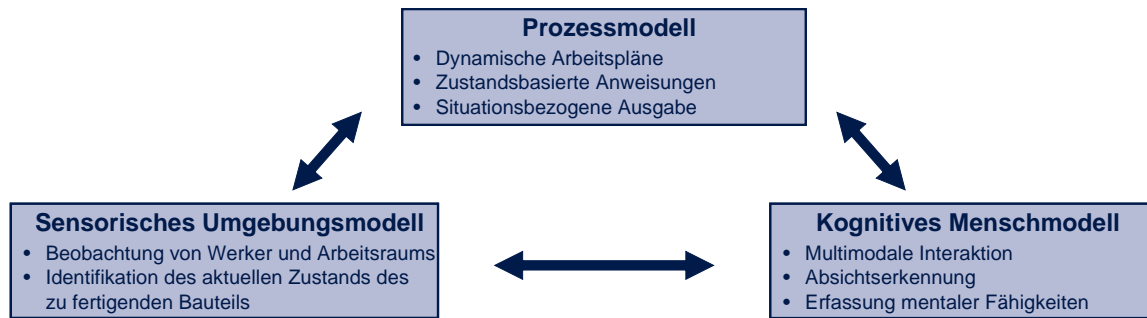


Abbildung 2: Interaktion des Prozessmodells mit dem Umgebungs- und Menschmodell

3. Zusammenfassung

Ziel des Projektes ACIPE ist die Erforschung von kognitiven Assistenzsystemen in der manuellen Montage durch die Bereitstellung von adaptiv generierten Anweisungen. In diesem Beitrag wurde die Notwendigkeit hierzu dargelegt und ein Lösungsansatz eines adaptiven Informations- und Anweisungssystems in der Montage unter Verwendung von Zustandsgraphen vorgestellt. Ferner wurde die Funktionsweise des Prozessmodells detailliert erläutert und dessen Integration in ein Framework eines kognitiven Assistenzsystems vorgestellt.

4. Literatur

1. Dopping-Hepenstal, L.L. 1981, Head-up displays: The integrity of flight information, IEEE Proceedings Part F, Communication, Radar and Signal Processing, 128, 7, 440-442.
2. Feldmann, K. 2004, Montage strategisch ausrichten: Praxisbeispiele marktorientierter Prozesse und Strukturen. Berlin: Springer.
3. Hoc, J.M. 2001, Towards a cognitive approach to human-machine cooperation in dynamic situations, International Journal of Human-Computer Studies, 54, 509-540.
4. Livingston, M.A. 2005, Evaluating Human Factors in Augmented Reality Systems, IEEE Computer Graphics and Applications 6, 25, 6-9.
5. Mataric, M.J. 1998, Behavior-based robotics as tool for synthesis of artificial behavior and analysis of natural behavior, Trends in Cognitive Sciences, 2, 82-87.
6. Putzer, H. & Onken, R. 2003, COSA - A generic cognitive system architecture based on a cognitive model of human behavior, Cognition, Technology & Work, 5, 140-151.
7. Reinhart, G. & Patron, C. 2003, Integrating Augmented Reality in the Assembly Domain - Fundamentals, Benefits and Applications, Annals of CIRP 52, 1, 5-8.
8. Schirrmeister, E., Warnke, P. & Dreher, C. 2003, Untersuchung über die Zukunft der Produktion in Deutschland: Sekundäranalyse von Vorausschau-Studien für den europäischen Vergleich. Karlsruhe: Fraunhofer ISI.
9. Shalin, V.L. 2005, The roles of humans and computers in distributed planning for dynamic domains, Cognition, Technology & Work, 7, 198-211.
10. Tang, A., Owen C., Biocca, F. & Mou, W. 2003, Comparative Effectiveness of Augmented Reality in Object Assembly. In: Proceedings of the SIGCHI Conference on Human factors in computing systems. New York, NY: ACM, 73-80.
11. Yeh, M. & Wickens, C.D. 2000, Attention and Trust Biases in the Design of Augmented Reality Displays, Technical report.
12. Zäh, M.F., Rimpau, C. & Wiesbeck, M. 2005, Produktion im globalen Umfeld, Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb ZWF, 100, 246-250.
13. Zäh, M.F., Rudolf, H. & Möller, N. 2005, Agile process planning considering the continuous reconfiguration of factories. In: Proceedings of the CIRP 3rd International Conference on Reconfigurable Manufacturing.

Arbeitsumgebung

Beanspruchungsreaktionen männlicher Arbeitspersonen auf Kälteexpositionen von +3°C und -24°C bei Kommissionierarbeit

Mario PENZKOFER, Karsten KLUTH und Helmut STRASSER

*Fachgebiet Arbeitswissenschaft/Ergonomie, Universität Siegen,
Paul-Bonatz-Str. 9-11, D-57068 Siegen*

Kurzfassung: Der Herstellung und Distribution von Tiefkühlkost, sowie damit einhergehend der Arbeit in „Tiefer Kälte“ kommt aufgrund steigender Absatzzahlen von Tiefkühlkost immer größere Bedeutung zu. Dennoch gibt es nur wenige Untersuchungen, die sich mit den Auswirkungen von Kältearbeit auf den Menschen beschäftigen. Deshalb sollte im Rahmen eines größeren Forschungsvorhabens die Kommissionierung von Tiefkühlprodukten untersucht werden. Dazu wurden Evaluierungsmethoden zur Beurteilung der physiologischen Auswirkungen von Kältearbeit auf das Kommissionierpersonal entwickelt und angewendet. Am Beispiel der Herzfrequenz werden die Ergebnisse der körperlichen Beanspruchung bei der Arbeit in zwei verschiedenen Kältebereichen vorgestellt.

Schlüsselwörter: Kältearbeit, Herzfrequenz, Arbeitsphysiologie, Arbeitsplatzgestaltung.

1. Einleitung

Das Tiefkühlhaus – als Arbeitsstätte zur Einlagerung, Kommissionierung und zum Versand von tiefgefrorenen Lebensmitteln – bedingt die Notwendigkeit, dass sich Personen dort längere Zeit bei Temperaturen um ca. -24°C aufhalten müssen (vgl. u.a. Gebhardt & Müller 2003). Das unter diesen Umgebungsbedingungen erforderliche Kommissionieren von Tiefkühlware ist trotz aller Automatisierungserfolge im Bereich der Logistik, bedingt durch die extreme Kälte, weitgehend „Handarbeit“ geblieben. Arbeit in Kälte mit Temperaturen unter -20°C stellt selbst beim Tragen von Schutzkleidung erhebliche Anforderungen an die Thermoregulation des Menschen, da es trotz peripherer Vasokonstriktion und Schutzkleidung immer zu gewissen Wärmeverlusten im Körper kommt, die es zu kompensieren gilt (vgl. Strasser & Kluth 2006). Das hat u.a. zur Folge, dass der Energieumsatz im Organismus erheblich gesteigert werden muss. Die physische Belastung des manuellen Kommissionierens ist aufgrund der Wärmeproduktion daher eher als hilfreich und notwendig, denn als unzuträgliche Zusatzbelastung anzusehen. Weil aber die physische Belastbarkeit und der Energiestoffwechsel mit zunehmendem Alter abnimmt, ist anzunehmen, dass die Fähigkeit des Menschen, sich vor Unterkühlung zu schützen, zwangsläufig mit dem Alter schlechter werden muss. Fehlt ein ausreichender Schutz vor Kälte, sind potentielle Schädigungen nicht auszuschließen und u.U. ist kurzfristig mit Erkrankungen des rheumatischen Formenkreises, Infektionen der Atemwege, Erkältungskrankheiten und langfristig mit Hypertonie zu rechnen.

2. Methoden

Im Gegensatz zur Arbeit in Hitze gibt es bislang kaum Untersuchungen, die sich mit den Auswirkungen von Kältearbeit auf den menschlichen Organismus beschäftigen. In einer Felduntersuchung mit 30 Probanden sollten in insgesamt 75 schichtbegleitenden Ganztagsanalysen sowohl im Kühlbereich (bei Temperaturen um $+3^{\circ}\text{C}$) als auch im Tiefkühlbereich (bei -24°C) die altersabhängigen Auswirkungen der Kältearbeit auf die Beanspruchung von Arbeitspersonen (Apn) zweier Altersklassen (jeweils 15 Männer im Alter von 20-35 bzw. 40-60 Jahre) gemessen werden. Zusätzlich sollte zum Vergleich in einer systematischen Befragung die subjektiv erlebte Belastung und Beanspruchung ermittelt werden.

Dazu wurde ein Versuchslayout entwickelt (siehe Abb. 1, links), das es erlaubt, die bei der Arbeit in einem Tiefkühlager auftretenden körperlichen Beanspruchungen zu analysieren. Die Tests sollten unter definierten realen Arbeitsbedingungen bei unterschiedlichen Temperaturbereichen erfolgen (bei ca. $+3^{\circ}\text{C}$ und -24°C). Unabhängige Variablen waren die Anzahl und Dauer der Kälteexpositionen pro Schicht, sowie die Länge von Aufwärmphasen bei einer an die praktischen Bedingungen angepassten Arbeitsschwere hinsichtlich Belastungshöhe und Zeitverlauf.

Vor jeder Kälteexposition erfolgten eine Kreislauffunktionsprüfung zur Abschätzung der körperlichen Leistungsfähigkeit mittels eines PWC₁₃₀-Tests und eine Kurzanamnese mit Angaben zum körperlichen und psychischen Befindenzustand der Probanden. Anschließend wurden die Probanden zur Datenerfassung „instrumentalisiert“. Zur Objektivierung der physischen Beanspruchung bei der Arbeit in Kälte wurden mit den in Abbildung 1 rechts dargestellten Messsystemen die arbeitsphysiologisch als wichtig erachteten Parameter „Herzfrequenz“ und „Hautoberflächentemperatur“ kontinuierlich sowie „Blutdruck“ und „Körperkerntemperatur“ diskontinuierlich alle 15 min registriert. Zur Kennzeichnung der Schwere der körperlichen Arbeit und der Wärmeproduktion wurde zudem mit einem mobilen Spirometriegerät der Energieumsatz bestimmt.

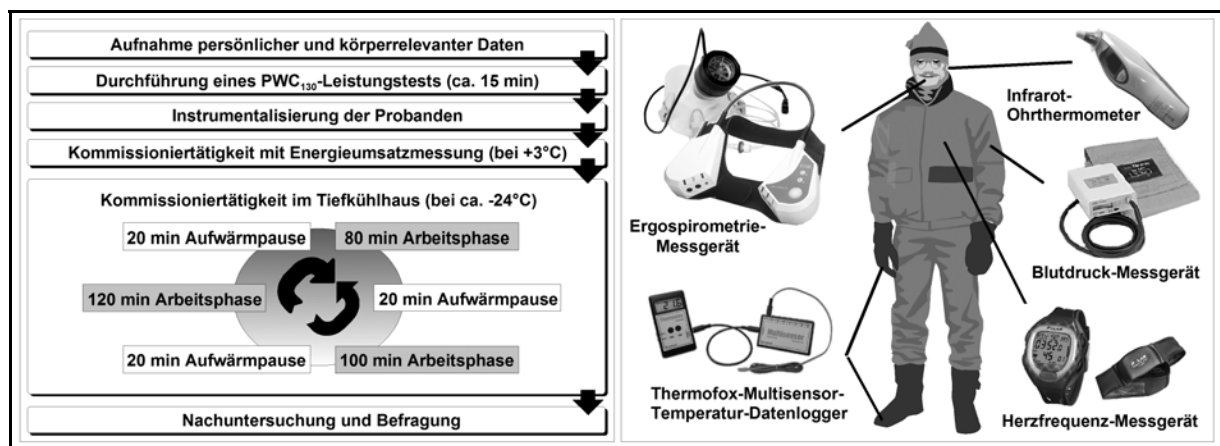


Abbildung 1: Schematische Darstellung des Versuchsablaufs (links) und der Messsysteme zur Objektivierung von Belastung und Beanspruchung der Vpn in einem Tiefkühlager bei -24°C (rechts)

Nach der etwa 2-stündigen Voruntersuchung im Zuge der Vorbereitung der Probanden, der Anamnese und des PWC₁₃₀-Tests durchliefen die Probanden am ersten Versuchstag drei Arbeitsphasen einer Dauer von 80, 100 und 120 min im Tiefkühlager bei -24°C . Während der einzelnen Arbeitsphasen hatten die Probanden die

Aufgabe, vorbereitete Paletten mit einem definierten Gesamtgewicht von bis zu 3,2 t – basierend auf der von Kluth & Strasser 2001 ermittelten durchschnittlichen Kommissionierleistung von 1,6 t/h – zu kommissionieren. Am zweiten Versuchstag hatten sie die gleiche Kommissionierarbeit im Kühlbereich bei +3°C zu verrichten.

3. Ergebnisse

Die Inbetriebnahme der technischen Komponenten und deren Funktionsprüfung unter den extremen klimatischen Arbeitsumgebungsbedingungen in einem Tiefkühlhaus bereitete nicht nur den Apn, sondern auch dem Untersuchungsteam besondere Widrigkeiten im Zusammenspiel von Mensch und Technik. Durch entsprechende Anpassungsmaßnahmen konnten jedoch letztlich mit allen technischen Systemen Messungen in Kälte bei -24°C gewährleistet werden. Bezüglich der Ergebnisse der Auswirkungen von Kältearbeit auf die Körperkern- und Hautoberflächentemperaturen sowie subjektive Empfindungen vgl. Penzkofer et al. (2008) und Kluth et al. (2008).

Die im Weiteren beispielhaft ausgewählte und während der Kälteexposition kontinuierlich erfasste Herzfrequenz dient als Indikator der physischen Ganzkörperbeanspruchung. Weist sie über die Tätigkeitszeit einen gleich bleibenden, konstanten Wert auf, führt die Belastung noch nicht zur Ermüdung. Erst ein kontinuierlicher Anstieg macht auf eine ermüdende Tätigkeit, mit einer körperlichen Beanspruchung oberhalb der Dauerleistungsgrenze, aufmerksam.

Die im Tiefkühlbereich ermittelten Herzfrequenzwerte zeigten eine Beanspruchung der Apn, die für ein Arbeiten an bzw. bereits zeitweise oberhalb der Dauerleistungsgrenze spricht. Erhöhungen des Ruhepulses um durchschnittlich ca. 33 Schläge/min waren während der Arbeitsphasen keine Seltenheit (siehe Abb. 2). Teilweise wurden Erhöhungen der Herzfrequenz um bis zu 60 Schläge/min erreicht. Ein altersbedingter Unterschied in der Erhöhung der Arbeitspulse konnte allerdings nicht festgestellt werden. Auch bei den bislang 10 untersuchten Apn im Alter von 40-65 Jahren wurde eine durchschnittliche Erhöhung der Herzfrequenz während der Arbeitsphasen von 33 Schlägen/min registriert.

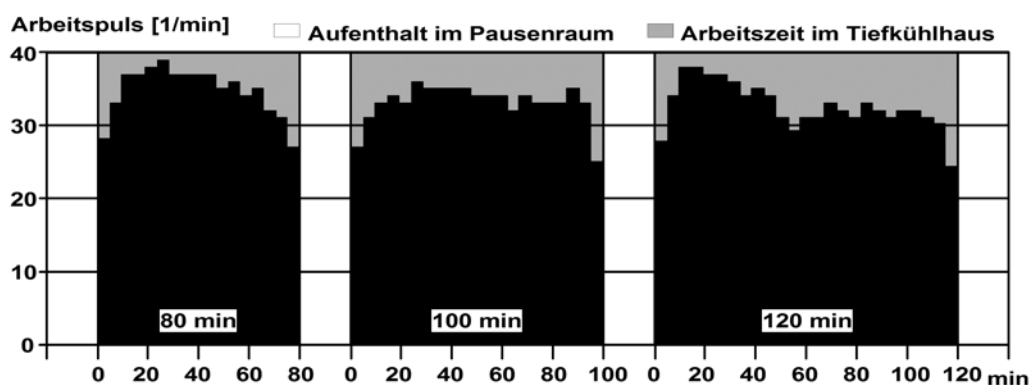


Abbildung 2: Durchschnittliches Arbeitspulsprofil von 15 männlichen Apn im Alter von 20-31 Jahren, dargestellt als 5-Minuten Mittelwerte über drei Arbeitsphasen im Tiefkühlhaus bei -24°C

Aus Abb. 3 geht hervor, dass die gleiche Arbeit hinsichtlich Belastungshöhe und Zeitverlauf bei der Kälteexposition im Kühllager bei ca. +3°C, mit entsprechend angepasster, leichter Kälteschutzkleidung (ca. 2 kg), zu einem deutlich geringeren Niveau der Arbeitspulse führte. Die Werte lagen durchschnittlich 5-8 Schläge/min unter den Arbeitspulsen im Tiefkühlhaus. In Ausnahmefällen wurden im Kühlhaus auch

Herzfrequenzen gemessen, die um ca. 20 Schläge/min unter den Werten im Tiefkühlbereich lagen.

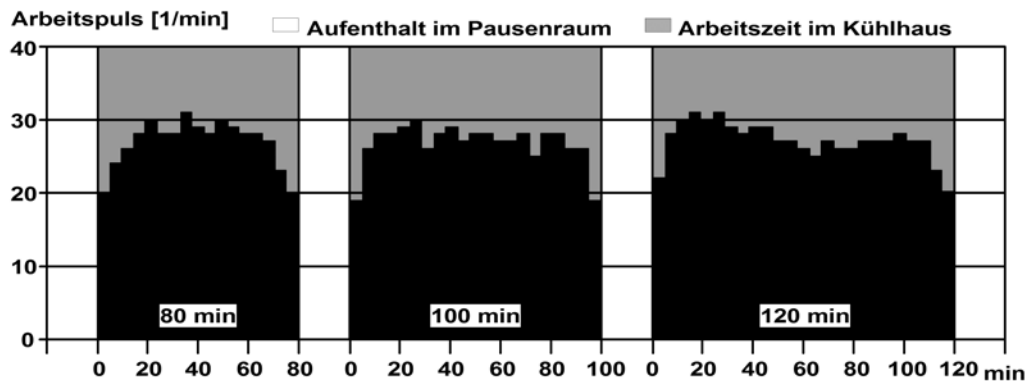


Abbildung 3: Durchschnittliches Arbeitspulsprofil von 15 männlichen Apm im Alter von 20-31 Jahren, dargestellt als 5-Minuten Mittelwerte über drei Arbeitsphasen im Kühlhaus bei +3°C

4. Diskussion

Hypothetisch war, in Kenntnis physiologischer Regulationsmechanismen, bei einer zweckdienlichen Vasokonstriktion in der Körperperipherie zur Minimierung der Wärmeverluste und einer damit u.U. verursachten spezifischen blutdrucksteigernden Wirkung eine Erhöhung der Schlagzahl des Herzens in Kälte zu erwarten. Allerdings darf auch der Effekt der Kälteschutzkleidung nicht übersehen werden. Bei der Arbeit im Tiefkühlhaus sind einerseits fast alle Körperpartien durch die Schutzkleidung bedeckt, so dass die thermoregulatorischen Auswirkungen der Kälte möglicherweise nur noch teilweise zum Tragen kommen, andererseits kann das zusätzliche Gewicht der Schutzkleidung auch eine gewisse kreislaufsteigernde Wirkung haben. Ihr Gewicht ist mit ca. 4 kg nicht ganz dem von Hitzeschutzkleidung vergleichbar. Nach Hertting et al. 1984 hat schwere Hitzeschutzkleidung (flammenhemmender Schmelzeranzug und aluminiumkaschierter Schmelzermantel) mit einem Gewicht zwischen 5 und 6 kg gegenüber der Grundkleidung neben der erwünschten Schutzwirkung gegen Wärmestrahlung auch eine deutliche beanspruchungssteigernde Wirkung auf die Arbeitspulsfrequenz mit Erhöhungen um ca. 10 Schläge/min allein durch die Bekleidungsschwere. Ähnliches scheint auch für das Tragen schwerer Kälteschutzkleidung zuzutreffen.

5. Literatur

1. Gebhardt, H. & Müller, B.H. 2003, Ergonomische Gestaltung von Kältearbeitsplätzen, Technik 32. Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin.
2. Hertting, R., Hettinger, T. & Eissing, G. 1984, Einfluß von Schutzkleidung auf die Beanspruchung des Menschen bei Arbeit unter Wärmestrahlungsexposition, Arbeitsmedizin-Sozialmedizin-Präventivmedizin, 19, 9-14.
3. Kluth, K. & Strasser, H. 2001, Ergonomische Evaluierung der Arbeitsbedingungen und Objektivierung der Beanspruchung des Personals mit arbeitsphysiologischen Methoden sowie subjektive Beurteilung der Arbeitsbedingungen von Tiefkühlhauskommissionierern. Siegen: Forschungsbericht, Fachgebiet für Arbeitswissenschaft/Ergonomie, Universität Siegen.

4. Kluth, K., Penzkofer, M. & Strasser, H. 2008, Altersdifferenzierte Analyse und Beurteilung der Auswirkungen von Kältearbeit auf die Hautoberflächen- und Körperkern-Temperatur männlicher Kommissionierer. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg.), Produkt- und Produktionsergonomie – Aufgabe für Entwickler und Planer. Dortmund: GfA Press, 235-238.
5. Penzkofer, M., Kluth, K. & Strasser, H. 2008, Belastung und Beanspruchung junger männlicher Arbeitspersonen beim Kommissionieren und einer Kälteexposition von -24°C. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg.), Produkt- und Produktionsergonomie – Aufgabe für Entwickler und Planer. Dortmund: GfA Press, 781-786.
6. Strasser, H. & Kluth, K. 2006, Subjektives Kälteempfinden von Tiefkühlhaus-Kommissionierern und phy-siologische Reaktionen in der Körperkern- und Fußsohlentemperatur auf Kälteexposition von -24°C. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg.), Innovationen für Arbeit und Organisation. Dortmund: GfA Press, 597-603.

Mit Unterstützung der Deutschen Forschungsgemeinschaft (Projekt-Nr. DFG STR 392/5-1).

Quantifizierung der Detektionsleistung bei Prüftätigkeiten in Abhängigkeit von unterschiedlichen Beleuchtungsszenarien und der Arbeitsdauer

Jörg SCHNEIDER, Andreas ERMERT, Erwin KELLER und Helmut STRASSER

*Fachgebiet Arbeitswissenschaft/Ergonomie, Universität Siegen,
Paul-Bonatz-Str. 9-11, D-57068 Siegen*

Kurzfassung: Auf Materialien, die sich hinsichtlich ihrer Reflexionseigenschaften stark unterscheiden und die in der industriellen Praxis häufig auf Oberflächenfehler zu prüfen sind, wurden Landoltringe in Form von 3-dimensionalen Reliefs aufgebracht und in einer Laborstudie bei verschiedenen Beleuchtungen im Hinblick auf die damit realisierbare Detektionsgüte im Zeitablauf untersucht. Es zeigte sich, dass den Probanden weniger Fehler beim Erkennen der Landoltringe im Zeitablauf unterliefen, wenn sie bei einer Beleuchtung arbeiteten, die auf die Probenkörper abgestimmt war und eine Kombination aus gerichtetem und diffusem Licht darstellte.

Schlüsselwörter: Beleuchtungsbedingungen, Sehschärfe, Visuelle Prüftätigkeiten, Detektionsgüte.

1. Einleitung

Die Endkontrolle von Bauteilen zur Einhaltung stetig steigender Qualitätsstandards erfolgt in der mittelständischen Industrie nach wie vor meist visuell. Für die sichere Erkennbarkeit von Oberflächenfehlern auf Materialien, die häufig kontrolliert und überprüft werden müssen, sind deshalb optimale Arbeitsplatzbeleuchtungen unabdingbar (vgl. Brombach 2005). Darüber hinaus sollten industrielle Prüf- und Kontrollarbeitsplätze ein weitgehend ermüdungsfreies Arbeiten während der gesamten Arbeitsschicht ermöglichen. Daher wurde untersucht, wie sich unterschiedliche Beleuchtungsszenarien nicht nur bei kurzen Prüftätigkeiten, sondern bei längeren Arbeitszeiten auf die Detektionsgüte auswirken.

2. Methode

Gegenstand der Untersuchung waren 2 Materialien, die sich bezüglich ihrer Reflexionseigenschaften stark unterscheiden. Dabei handelte es sich um eine zu Spiegelungen neigende „Gleitgeschliffene Oberfläche“ (GGO), die Licht überwiegend gerichtet reflektiert und um eine matte, vornehmlich diffus reflektierende „Kugelgestrahlte Oberfläche“ (KGO). In der Praxis häufig auftretende Oberflächenfehler wurden durch Landoltringe unterschiedlicher Größe (vgl. EN ISO 8596) repräsentiert, die in Form von 3-dimensionalen Reliefs per Laser auf die Probenoberflächen aufgebracht waren. Damit wiesen sie – ebenso wie echte Oberflächenfehler – nicht nur eine flächenmäßige Ausdehnung, sondern auch eine gewisse Tiefe auf.

Die 2 für die Automobilzulieferer-Industrie typischen Oberflächen wurden bei verschiedenen Lichtszenarien in einem Labor ohne Tageslicht eingesetzt. Zum einen wurden alle Probenkörper mit überwiegend diffusem Licht bei einer Beleuchtungs-

stärke von ca. 1 600 lx ausgeleuchtet. Zum anderen kamen 2 weitere, auf die unterschiedlichen Oberflächen abgestimmte, probenspezifische Beleuchtungen (PSB) zum Einsatz. Diese stellten eine Kombination aus gerichtetem und diffusem Licht, sowie einer zusätzlichen Beleuchtung „von unten“ dar, mit der eine optimale Helligkeitsanpassung im Arbeitsbereich an die verschiedenen Probenkörper gewährleistet werden sollte (vgl. Brombach et al. 2005). Die Dimmereinstellung der jeweiligen Leuchten variierte innerhalb der probenspezifischen Lichtszenarien, wobei der Anteil des gerichteten Lichts umso schwächer war, je stärker die jeweilige Oberfläche zu Reflexionen neigte. Diffus reflektierende Oberflächen wurden jedoch gezielt mit einem höheren Anteil an gerichtetem Licht ausgeleuchtet. Insgesamt ergaben sich bei den auf die verschiedenen Oberflächen abgestimmten Lichtszenen „LGGO“ und „LKGO“ Beleuchtungsstärken von 3 400 lx, und 3 500 lx.

Im Rahmen einer Laborstudie, an der 15 Probanden teilnahmen, wurde untersucht, wie sich die verschiedenen Beleuchtungen auf die Detektionsgüte im Zeitablauf auswirken. Dazu fanden jeweils 90-minütige Sortiertests für die 4 Oberflächen-/Beleuchtungskombinationen statt. Obwohl zwischen den einzelnen Versuchen Pausen von 30 Minuten eingeplant waren, wurden sie auf 2 Versuchstage aufgeteilt und in randomisierter Reihenfolge durchgeführt, um den Einfluss von Lern- und Ermüdungseffekten, sowie von circadianen Schwankungen zu minimieren. Zu Beginn eines jeden Versuchstages fand ein 30-minütiger Test mit einer Beleuchtung nach Norm-Vorgaben statt, bei dem bewusst nur die in DIN EN 12 464, Teil 1 geforderten Mindestbeleuchtungsstärken für industrielle Prüf- und Kontrollarbeitsplätze (ca. 900 lx) eingehalten wurden. Dieser Test diente vor allem dazu, für alle nachfolgenden Versuche ein „ausgeglichenes Übungsniveau“ zu gewährleisten. Physikalische Einflüsse auf die Leistungsfähigkeit konnten, abgesehen von der zu untersuchenden Beleuchtung, durch die Abgeschlossenheit des klimatisierten Laborraums weitgehend ausgeschlossen werden. Die Probanden hatten in einem vorgegebenen Takt die Orientierung der auf die Probenoberflächen aufgebrachten Landoltringe zu erkennen, und mit Hilfe einer reiz-reaktionskompatiblen Tastatur in ein Rechnersystem einzugeben. Um die Größe des kritischen Details (den Ringspalt) zu detektieren, war ein Visus von etwa „1,0“ notwendig. 16 Landoltringe waren konzentrisch um den Mittelpunkt der scheibenförmigen Prüflinge angeordnet, so dass durch das Sichtfenster einer auswechselbaren, davor angebrachten „Abdeckplatte“, die jeweils die gleiche Oberfläche wie der Probenkörper selbst hatte, immer nur ein Ring gesehen werden konnte. Durch einen Schrittmotor wurden die Oberflächen im 3-Sekunden-Takt gedreht und die verschiedenen Ringpositionen in zufälliger Weise „angefahren“.

Die Versuchsteilnehmer hatten ferner die Beleuchtungsbedingungen mit Hilfe eines speziell entwickelten Fragebogens detailliert zu beurteilen.

3. Ergebnisse

Bei der Ermittlung der Detektionsgüte im Zeitablauf traten inter-/ und intra-individuelle Schwankungen auf, die auf große Unterschiede im Hinblick auf Konzentrationsvermögen und Monotonie-Effekte hinweisen. Bei 3 Probanden wurde während einzelner Testphasen eine von den anderen Versuchsabschnitten stark abweichende Leistung festgestellt, die aufgrund ihrer deutlichen Ausprägung nicht ausschließlich auf die unterschiedlichen Beleuchtungsbedingungen zurückgeführt werden konnte. Der Darstellung der Fehlerrate im Zeitablauf liegen deshalb die Messwerte der verbliebenen 12 Versuchspersonen (Vpn) zugrunde. Abbildung 1 zeigt am

Beispiel der kugelgestrahlten Oberfläche die Fehlerquoten beim Erkennen der Landoltringe im Zeitablauf bei der idealtypisch diffusen und bei der probenspezifischen Mischbeleuchtung. Die während eines 90-minütigen Versuchs zu erkennenden 1 800 Ringpositionen wurden in 9 Intervalle zu je 200 Stück aufgeteilt, so dass auf der Ordinate der prozentuale Anteil der falsch eingegebenen Ringpositionen pro Intervall über der Zeit aufgetragen ist. Da die Zeit, in der die Orientierung eines Landoltrings zu erkennen war, lediglich 3 Sekunden betrug, stellt jeder Wert gleichzeitig die Fehlerrate über jeweils 10 Minuten dar. Die DIN-Beleuchtung wird hinsichtlich der dabei zustande gekommenen Fehlerquote nicht weiter betrachtet, da es sich bei diesen Tests um lediglich 30-minütige „Vorversuche“ zur Eingewöhnung handelte.

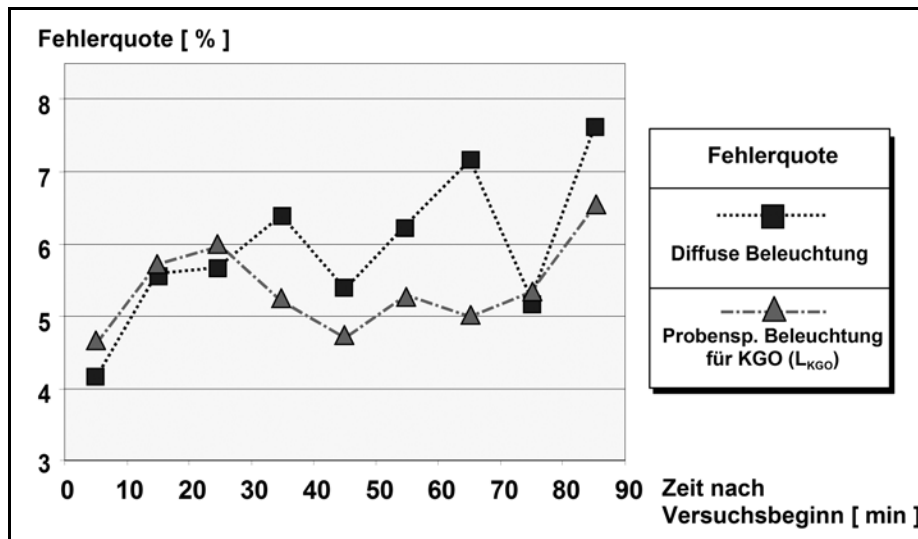


Abbildung 1: Fehlerquote im Zeitablauf beim Detektieren der Landoltringe auf der kugelgestrahlten Oberfläche bei zwei verschiedenen Beleuchtungen

Die Fehlerquoten für beide Beleuchtungen beginnen bei den Versuchen mit der „KGO“ auf einem ähnlichen Niveau und verlaufen über die ersten 30 Minuten weitgehend deckungsgleich. Dann divergieren die Fehlerraten, wobei sie jedoch starken Schwankungen unterliegen. Tendenziell ist der Anstieg der Fehlerquote mit der diffusen Beleuchtung dreimal so groß wie mit der probenspezifischen Beleuchtung. Daher unterscheiden sich die Fehlerraten nach 90 Minuten um rund 25 %. Die hier für die kugelgestrahlte Oberfläche dargestellten Ergebnisse sind weitgehend auf den Probenkörper mit der gleitgeschliffenen Oberfläche übertragbar.

Den Befragungen zur subjektiven Beurteilung der Beleuchtungsbedingungen durch die Testpersonen lag die Gesichterskala nach Kunin zugrunde (vgl. z.B. Kluth und Strasser 1998). Die Fragebogenergebnisse wurden gemittelt und Differenzen mit dem parameterfreien WILCOXON-Test für zweiseitige Fragestellungen auf Signifikanz geprüft. Insbesondere bei einer allgemeinen Beurteilung der Lichtszenarien hinsichtlich der Frage, ob sie sich vorstellen könnten, damit Prüf- und Kontrolltätigkeiten während eines 8-stündigen Arbeitstages auszuführen, wurden die probenspezifischen Beleuchtungen deutlich günstiger eingeschätzt als die Beleuchtung nach Norm-Vorgaben oder die diffuse Beleuchtung. Die Einordnung war dabei auf einer Skala von „-4“ (trifft überhaupt nicht zu) bis „+4“ (trifft voll zu) vorzunehmen. Abbildung 2 zeigt die jeweiligen Mittelwerte mit 95%-Konfidenzintervallen und den entsprechenden Signifikanzniveaus.

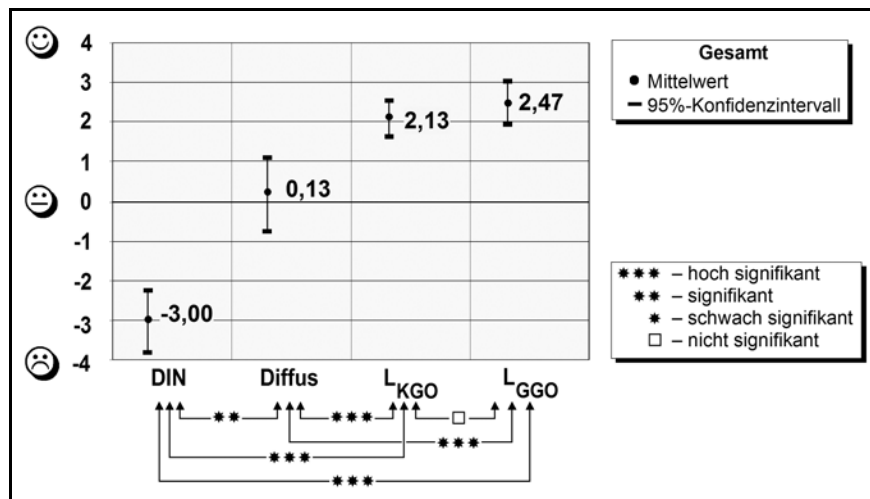


Abbildung 2: Subjektive Beurteilung der Frage, ob sich die Vpn vorstellen könnten, bei den angegebenen Lichtszenen Prüftätigkeiten während eines 8-stündigen Arbeitstages auszuführen.

4. Diskussion

Das Erbringen gleicher Sehleistungen ist bei der diffusen Beleuchtung offensichtlich mit einer größeren mentalen Beanspruchung verbunden als bei den auf die Oberflächen abgestimmten probenspezifischen Beleuchtungen. Die größeren Anstrengungen führen schließlich auch zu einer rascheren Ermüdung, so dass das Leistungsniveau nicht über eine längere Zeit aufrecht erhalten werden kann und die Detektionsgüte mit der Zeit nachlässt. Das äußert sich bei der diffusen Beleuchtung in einer absolut größeren Fehlerquote beim Erkennen von Defekten (mit Hilfe der hier verwendeten Optotypen). Die Fehlerrate steigt im Zeitablauf zudem stärker an als bei den probenspezifischen Lichtszenen. Es ist zu vermuten, dass dieser Unterschied bei einer kürzeren Betrachtungsdauer der Landoltringe (d.h. bei stärkerem Zeitdruck in der Arbeit) noch deutlicher zu Tage getreten wäre. Auch die subjektive Beurteilung der Beleuchtungsbedingungen durch die Probanden spricht – nicht zuletzt unter Motivationsaspekten – für den Einsatz probenspezifischer Beleuchtungen.

5. Literatur

1. Brombach, J. 2005, Analyse, Beurteilung und ergonomische Gestaltung der Arbeitsbedingungen in Arbeitssystemen der industriellen Qualitätskontrolle. Stuttgart: Ergonomia Verlag.
2. Brombach, J., Huette, T. & Strasser, H. 2005, Gerichtetes und diffuses Licht bei Inspektionstätigkeiten. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V. (Hrsg.),
3. Personalmanagement und Arbeitsgestaltung. Dortmund: GfA-Press, 512-518.
4. EN ISO 8596: 1996, Sehschärfeprüfung. Das Normsehzeichen und seine Darbietung. Berlin: Beuth Verlag.
5. Kluth, K. & Strasser, H. 1998, Re-Evaluierung der Arbeitsbedingungen in Filialen der Unternehmensgruppe ALDI-Süd aus ergonomischer Sicht (Abschlußbericht) – Re-Evaluation of the Working Conditions in the Shops of "ALDI-Süd" from an Ergonomics Point of View (Final Report). Siegen: Universität Siegen-Fachgebiet Arbeitswissenschaft/Ergonomie.

Mit Unterstützung der Deutschen Forschungsgemeinschaft (Projekt-Nr. DFG STR 392/4-1)

Altersdifferenzierte Analyse und Beurteilung der Auswirkungen von Kältearbeit auf die Hautoberflächen- und Körperkern-Temperatur männlicher Kommissionierer

Karsten KLUTH, Mario PENZKOFER und Helmut STRASSER

*Fachgebiet Arbeitswissenschaft/Ergonomie, Universität Siegen,
Pau-Bonatz-Str. 9-11, D-57068 Siegen*

Kurzfassung: Es ist bislang ungeklärt, ob eine altersdifferenzierte Arbeitszeit- und Pausenzeit-Gestaltung von Kommissionier-Personal in Verteilzentren für Kühl- und Tiefkühlwaren notwendig ist. Um die körperlichen Auswirkungen des Kommissionierens von Kühlware bei ca. +3°C und von Tiefkühlware bei ca. -24°C beurteilen zu können, wurden in Langzeitmessungen u.a. die Körperkerntemperatur am Trommelfell und an mehreren Positionen die Hautoberflächentemperaturen von Arbeitspersonen (Apn) in zwei Altersklassen (20-35-jährige und 40-65-jährige) registriert. Die diskontinuierlich, alle 15 min gemessene Tympanumtemperatur wies eine Temperaturabnahme von bis zu 1,5°K für die jüngeren Apn und von bis zu 2,2°K für die älteren Apn im Vergleich zum Ausgangswert auf. Eine vollständige Wiedererwärmung erfolgte in den Pausen oftmals nicht. Die für die beiden Altersklassen geringeren, aber ebenfalls unterschiedlich starken Abkühlungen des Körperkerns bei der Arbeit im Kühlhaus konnten dagegen in den Pausen von allen Apn kompensiert werden. Altersdifferenzierte Unterschiede in den Ergebnissen der gemessenen Hautoberflächentemperaturen gab es nicht. Deutliche Temperaturabfälle waren lediglich im Tiefkühlhaus an der Nase sowie an den Fingern und Zehen zu verzeichnen.

Schlüsselwörter: Kältearbeit, Tympanumtemperatur, Hautoberflächentemperatur, Arbeitsphysiologie.

1. Einleitung

Die Anzahl der Kältearbeitsplätze in Deutschland wird auf etwa 1 Mio. geschätzt, von denen etwa 70% auf Tätigkeiten im Freien und ca. 30% auf Arbeitsplätze in technisch gekühlten Räumen entfallen. Neben der stark automatisierten Herstellung, Verarbeitung und Lagerung werden Kühlwaren der Nahrungs- und Genussmittelindustrie bei Umgebungstemperaturen von ca. +3°C und Tiefkühlwaren bei ca. -24°C vor dem Transport in die Filialen der Handelsunternehmen weitgehend manuell kommissioniert. Zur Verbesserung von Sicherheit und Gesundheitsschutz in großen Warenverteilzentren sollten ergonomische Maßnahmen zur Gestaltung derartiger Kältearbeitsplätze hinsichtlich der Arbeitsorganisation und bauliche Maßnahmen an erster Stelle stehen. Aus betriebstechnischen Gründen sind bauliche Veränderungen an den Kühlzentren aber nur eingeschränkt möglich. Um die Belastung der Beschäftigten trotzdem in vertretbaren Grenzen zu halten, sind deshalb sowohl persönliche Schutzmaßnahmen durch eine angepasste Kleidung zu ergreifen, die aber bei Arbeiten in extremer Kälte keinen vollständigen Schutz bieten kann (vgl. Strasser & Kluth 2006) als auch eine an die Umgebungsbedingungen angepasste Arbeitszeit-Pausen-

regelung zu ermöglichen.

Bereits leichte Abweichungen vom thermischen Behaglichkeitsbereich mindern Wohlbefinden, Reaktionsvermögen, Aufmerksamkeit sowie Leistungsfähigkeit und führen zu Regulationsmechanismen, die den Körper belasten. Die kältebedingte Minderdurchblutung der Haut und Extremitäten ruft zudem Kälteempfindungen hervor, und führt zu Einschränkungen von Beweglichkeit, Sensibilität und Geschicklichkeit. Die seit langem erwiesene altersabhängige Abnahme des Energiestoffwechsels und der körperlichen Leistungsfähigkeit bedingt, dass die Fähigkeit des Menschen, sich vor Unterkühlung zu schützen, zwangsläufig mit dem Alter schlechter werden muss (vgl. Boothby et al. 1936). Als Folge könnten Schädigungen eintreten und Erkrankungen entstehen bzw. begünstigt werden. Die physisch belastende Arbeit des manuellen Kommissionierens muss dabei, der „Heizwirkung“ durch die intensive Muskelarbeit wegen, eher als hilfreich und notwendig, denn als unzutraglich gesehen werden.

2. Methode

Zum Zwecke eines altersdifferenzierten Arbeitseinsatzes wurde in einem Kühlzentrum eines Industrieunternehmens eine Analyse der Auswirkungen von Kältearbeit mit je 15 männlichen Arbeitspersonen (Apn) in zwei Altersklassen (20-35-jährige und 40-65-jährige) durchgeführt. Dabei wurden die Auswirkungen des Kommissionierens von Kühlware bei Umgebungstemperaturen von ca. $+3^{\circ}\text{C}$ und von Ware im Tiefkühlhaus bei ca. -24°C bei einer ununterbrochenen Arbeitsdauer von 80, 100 und 120 min auf die Beanspruchung untersucht. Gleich bleibende Aufwärmepausen von jeweils 20 min Länge bei ca. $+21^{\circ}\text{C}$ und eine an die praktischen Bedingungen angepasste Arbeitsschwere von durchschnittlich 1,6 t/h zu kommissionierender Ware gewährten vergleichbare Ergebnisse der an 7 Positionen gemessenen Hautoberflächen-Temperatur und der im Tympanum ermittelten Körperkern-Temperatur. Darüber hinaus wurden in umfangreichen Untersuchungen auch Parameter der Kreislaufreaktion, wie bspw. der Herzfrequenz (vgl. Penzkofer et al. 2008a) und Blutdruck, sowie der Energieumsatz gemessen. Zudem wurden Daten der subjektiven Empfindungen erhoben (vgl. Penzkofer et al. 2008b).

3. Ergebnisse

Wie Abbildung 1 verdeutlicht, sank die während der Arbeitszeit mittels eines Ohrthermometers alle 15 Minuten am Trommelfell erfasste Kerntemperatur im Mittel über 15 Apn in der Altersklasse der 20-35-jährigen im Tiefkühlhaus bei ca. -24°C um bis zu $1,3^{\circ}\text{K}$ (in der 80 min langen Expositionszeit), bzw. $1,5^{\circ}\text{K}$ (in der 120 min langen Expositionszeit) unter den Ausgangswert von $36,6^{\circ}\text{C}$. Die im Ohr gemessene Temperatur, die von Haus aus um bis zu ca. 2°C niedriger ist als die im Rektum gemessene Temperatur, wies somit substantielle Abnahmen auf. Im Kühlhaus mit einer Umgebungstemperatur von ca. $+3^{\circ}\text{C}$ nahm die Körperkerntemperatur, unabhängig von der Expositionszeit, im Mittel nur um $0,6^{\circ}\text{K}$ ab. In der Altersklasse der 40-65-jährigen betrug der Abfall der Körperkerntemperatur bis zu $2,0^{\circ}\text{K}$ bzw. $2,2^{\circ}\text{K}$ im Tiefkühlhaus (vgl. noch einmal Abb. 1) und $0,8^{\circ}\text{K}$ bis $1,1^{\circ}\text{K}$ im Kühlhaus (für jeweils 80 min bzw. 120 min Arbeitszeit in der Kälte). Die Ausgangstemperatur wurde in beiden Altersklassen nach einer 20-minütigen Aufwärmepause im Kühlhaus immer, im Tief-

kühlhaus dagegen oftmals noch nicht wieder erreicht.

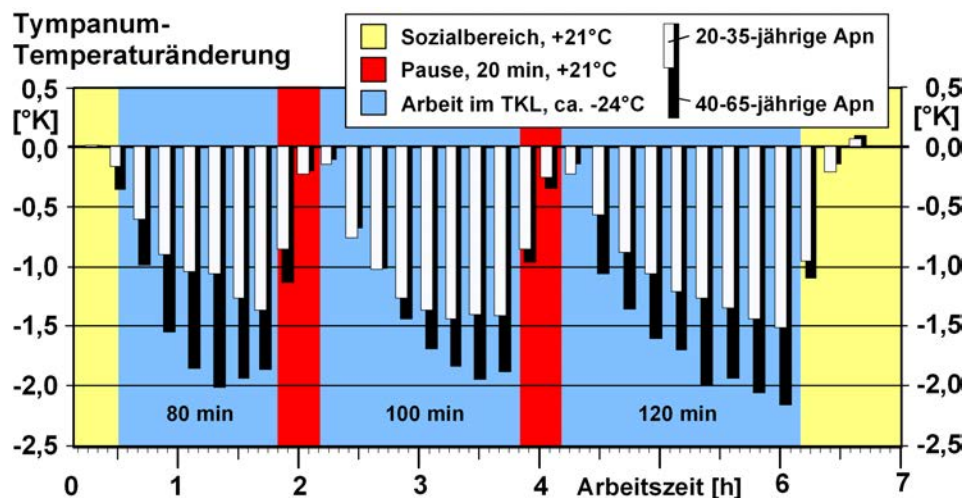


Abbildung 1: Tympanum-(Körperkern-)Temperaturveränderungen [°K] von Kommissionierern vor, während und nach unterschiedlich langen Kälteexpositionen von ca. -24°C im Tiefkühlager (TKL). Mittelwerte über jeweils 15 Arbeitspersonen in den Altersklassen „20-35-jährige“ und „40-65-jährige“

Die Hautoberflächentemperaturmessung ergab, dass unter der Schutzkleidung im Bereich des Rumpfes keine wesentlichen Temperaturveränderungen zu verzeichnen waren. Im Tiefkühlhaus konnte dagegen ein deutlicher Temperaturabfall an der Nase gemessen werden, die der Kälte ungeschützt ausgesetzt ist. Im Mittel fiel hier die Oberflächentemperatur auf +16°C (vgl. Abb. 2), wodurch die Arbeitspersonen ein sehr deutliches Kältegefühl verspürten.

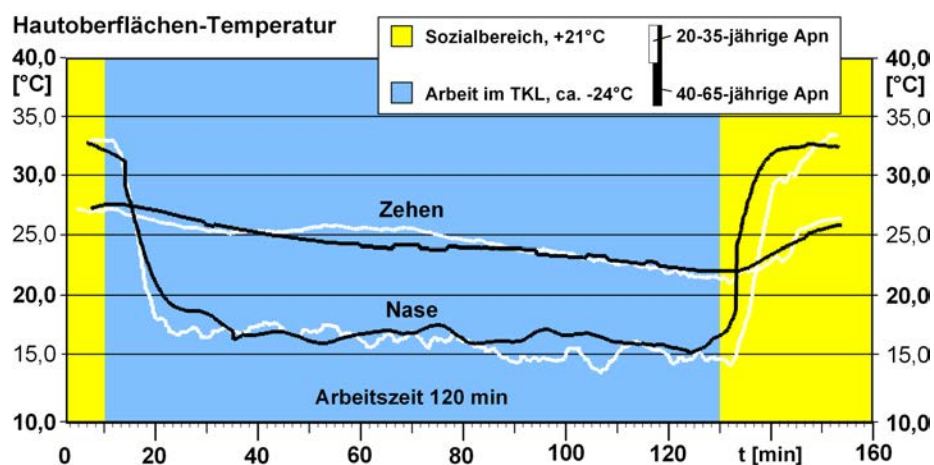


Abbildung 2: Verlauf der Hautoberflächen-Temperatur [°C] an Nase und Zehen von Kommissionierern vor, während und nach einer beispielhaft dargestellten Kälteexposition von 120 min bei ca. -24°C im Tiefkühlager (TKL). Mittelwerte über jeweils 15 Arbeitspersonen in den Altersklassen „20-35-jährige“ und „40-65-jährige“

Das galt in ähnlicher Weise auch für die Finger, deren Oberflächentemperatur im Mittel ebenfalls nur bei +17°C lag. Einen geringeren, dafür aber mit zunehmender Arbeitszeit kontinuierlich anhaltenden Temperaturabfall wiesen die Messungen an den Zehen auf. Deren vollständige Wiedererwärmung war in allen Fällen frühestens 20 min nach dem Verlassen des Tiefkühlhauses wieder gegeben, wenn zusätzlich das Schuhwerk in der Pause ausgezogen wurde. Dagegen kann die Arbeit im Kühl-

haus aus Sicht der Ergebnisse für die gemessenen Hautoberflächentemperaturen als problemlos angesehen werden. In allen Ergebnissen der gemessenen Hautoberflächentemperaturen konnten keine altersdifferenzierte Unterschiede festgestellt werden.

4. Diskussion

Die in vielerlei Hinsicht bereits weitgehend gelungene Schutzkleidung führte im Verbund mit der körperlichen Arbeit im Tiefkühlhaus offensichtlich zu einer nicht gänzlich kompensierbaren und mit dem Alter zunehmenden Kältebeanspruchung. Letztlich scheint die Vielzahl von Körperhaltungswechseln und die mit Bewegungen der Arme und Beine „durchsetzte“ Kommissioniertätigkeit zwar eine deutlich durchblutungssteigende Wirkung zu haben, die bis in die Zehen und Fußspitzen hinein sich positiver auswirkt, als stereotype Tätigkeiten, die bisher in Laborstudien simuliert wurden. Diese Ergebnisse werden auch durch Untersuchungen von Imamura et al. (1998) gestützt. Für eine Kompensation des Wärmeverlustes der bereits als physisch hoch belastend einzustufenden Arbeit des Hebens und Tragens von bis zu 15 kg schwerer Kommissionierware reicht das aber nicht aus. Längere Aufwärmphasen als die bislang gewährten 20 min, sind notwendig.

Zurzeit sind in Europa noch – unabhängig vom Lebensalter – in Normen, Richtlinien und in Gesetzen zum Arbeitsschutz konkrete, den Anschein von hoher Genauigkeit erweckende Zahlenangaben aus Laboruntersuchungen zur Tolerabilität verschiedener Kältebelastungen und zur Gestaltung von Kälteschutzkleidung zu finden. Diese Empfehlungen und Vorgaben werden aber im Schrifttum kontrovers diskutiert, weil der arbeitsmedizinische und arbeitswissenschaftliche Erkenntnisstand in derartigen Grenzbereichen von Belastung und Beanspruchung in einer Grauzone zwischen Wissen und Vermutung liegt. Dieses Defizit gilt es aufzuarbeiten, um für präventiven Arbeitsschutz zu sorgen und letztendlich auch die Arbeitsprozess-Effizienz zu steigern.

5. Literatur

1. Boothby, W.M., Berkson, J. & Dunn, H.L. 1936, Studies of the energy of metabolism of normal individuals: A standard for basal metabolism, with a nomogram for clinical application, *American Journal of Physiology*, 116, 408.
2. Imamura, R., Rissanen, S., Kinnunen, M. & Rintamäki, H. 1998, Manual Performance in Cold Conditions While Wearing NBC Clothing, *Ergonomics*, 4, 1421-1432.
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 Produktionsergonomie – Aufgabe für Entwickler und Planer. Dortmund: GfA Press, 225-230.
4. Penzkofer, M., Kluth, K. & Strasser, H. 2008b, Belastung und Beanspruchung junger männlicher Arbeitspersonen beim Kommissionieren und einer Kälteexposition von -24°C. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg.), Produkt- und Produktionsergonomie – Aufgabe für Entwickler und Planer. Dortmund: GfA Press, 781-786.
5. Strasser, H. & Kluth, K. 2006, Subjektives Kälteempfinden von Tiefkühlhaus-Kommissionierern und physiologische Reaktionen in der Körperkern- und Fußsohlentemperatur auf Kälteexposition von -24°C. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg.), Innovationen für Arbeit und Organisation. Dortmund: GfA Press, 597-603.

Mit Unterstützung der Deutschen Forschungsgemeinschaft (Projekt-Nr. DFG STR 392/5-1).

Einfluss der unteren Schichten von Schutzbekleidung auf die Erwärmung durch Infrarotstrahlung

Peter BRÖDE¹, Kalev KUKLANE², George HAVENITH³
und THERMPROTECT network⁴

¹ *Institut für Arbeitsphysiologie an der Universität Dortmund,
Ardeystraße 67, D-44139 Dortmund*

² *Department of Design Sciences, EAT, Lund University, Sweden*

³ *Department of Human Sciences, Loughborough University, UK*

⁴ *V. Candas, E. den Hartog, B. Griefahn, I. Holmér, H. Meinander,
W. Nocker, M. Richards*

Kurzfassung: Mit einer Thermopuppe wurde die Erwärmung durch langwellige Wärmestrahlung beim Tragen von Schutzkleidung erfasst, wobei Material und Anzahl der Schichten der Unterbekleidung variiert wurden. Die Unterbekleidung minderte die durch Strahlungs-Absorption hervorgerufene Erwärmung. Die dabei beobachtete hohe negative Korrelation mit der thermischen Isolation zeigt Möglichkeiten zur Berücksichtigung von Effekt modifizierenden Eigenschaften wie Materialdichte oder -dicke bei der Modellierung auf.

Schlüsselwörter: Wärmestrahlung, Kleidung, Modell, Thermopuppe.

1. Einleitung

Die Validität derzeit eingesetzter Modelle zur Bewertung der physiologischen Beanspruchung durch Wärmebelastungen (ISO 7933 2004; Malchaire et al. 2001) ist fragwürdig, wenn, wie bei der Brandbekämpfung oder in der Stahl- und Glasindustrie, in Schutzbekleidung unter der Einwirkung von Wärmestrahlung gearbeitet wird. Die Erhebung entsprechenden Datenmaterials war Ziel des von der Europäischen Union geförderten Projektes THERMPROTECT ("Thermal properties of protective clothing and their use", G6RD-CT-2002-00846). Heizbare anthropometrische Dummies, sog. Thermopuppen (TP) zur standardisierten Messung von Bekleidungsisolation und Wasserdampf Widerstand (ISO 9920 2007) wurden dabei auch zur validen und reliablen Registrierung der Wärmeabgabe (WA) mit Schutzbekleidung unter dem Einfluss von Feuchte und Wärmestrahlung eingesetzt (Bröde et al. 2007).

Dieser Beitrag beschreibt die mit einer TP als Änderung der WA registrierte Körpererwärmung durch langwellige Wärmestrahlung in Abhängigkeit von der getragenen Unterbekleidung für unterschiedlich reflektierende Oberbekleidungen.

Tabelle 1: Mittlere Strahlungstemperatur (t_r), effektive Bestrahlungsstärke (E_{eff}), Strahlungs-Intensität (I_r) und Strahlungstemperatur-Asymmetrie (Δt_{pr}) unter Kontroll- und Wärmestrahlungs-Bedingung bei 5 °C Lufttemperatur, 0.5 m/s Luftgeschwindigkeit und 50% rel. Luftfeuchte

Bedingung	t_r	E_{eff}	I_r	Δt_{pr}		
				frontal	lateral	vertikal
Kontrolle	5 °C	-144 W·m ⁻²	0 W·m ⁻²	0 °C	0 °C	0 °C
Wärmestrahlung	50 °C	121 W·m ⁻²	279 W·m ⁻²	29.6 °C	-1.9 °C	-1.7 °C

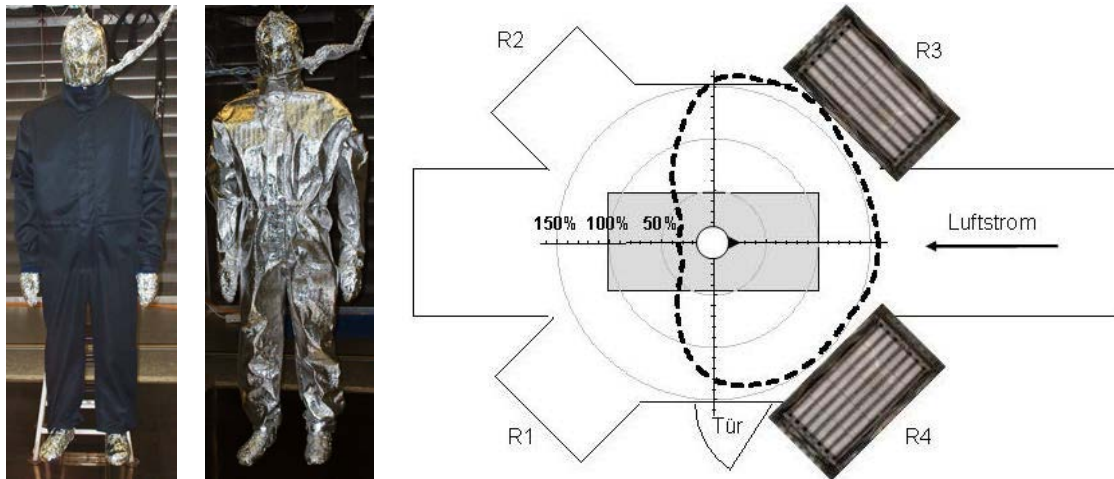


Abbildung 1: TP mit schwarzer und reflektierender Nomex® Overbekleidung sowie das relative horizontale Intensitätsprofil (Wenzel et al. 1991) der bei Betrieb der Keramikstrahler R3 & R4 in der Klimakammer erzeugten langwelligen Wärmestrahlung

2. Methode

Tabelle 1 beschreibt die in einer Klimakammer eingestellten Klimagrößen für eine homogene Kontrollbedingung und eine asymmetrisch frontal einwirkende Belastung durch langwellige Wärmestrahlung (Abbildung 2, rechts). Mit einer TP, deren unbedeckte Areale durch Aluminiumfolie gegen die Strahlung abgeschirmt waren, wurde die WA für nicht reflektierende Overbekleidungen aus Baumwolle und schwer entflammbarer Aramidfaser (Nomex®, Abbildung 2, links) in verschiedenen Farben sowie für einen mit Aluminium beschichteten Anzug (Abbildung 2, Mitte) ermittelt. Die Messungen wurden ohne Unterbekleidung, mit einer Polypropylen-Unterwäsche, einem Woll-Overall sowie einer aus 2 Schichten (Polypropylen + Wolle) bestehenden Unterbekleidung durchgeführt. Die Erwärmung der TP durch Wärmestrahlung wurde als Differenz der unter Kontroll- und Wärmestrahlungsbedingung für die bekleideten Körperareale gemessenen WA berechnet und mit der nach ISO 9920 (2007) ermittelten intrinsischen Bekleidungsisolationskorrektur korreliert.

3. Ergebnisse

3.1 Nicht reflektierende Overbekleidung

Ohne Unterbekleidung bewirkte die Wärmestrahlung im Mittel eine Erwärmung um $87.5 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ mit einer nur geringen Standardabweichung von 5% des Mittelwerts für die unterschiedliche nicht reflektierende Overbekleidung. Mit Polypropylen-Unterwäsche verringerte sich die Erwärmung auf $66.2 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$, wobei auch der Variationskoeffizient auf 3.5% abnahm. Die wollene Unterbekleidung reduzierte die Erwärmung weiter auf $50.5 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$, die sich bei der 2-schichtigen Unterbekleidung (Polypropylen + Wolle) mit $50.4 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ nicht mehr wesentlich änderte. Wie in Abbildung 2 dargestellt, war die Erwärmung mit dem Bekleidungsisolationswert hochsignifikant negativ korreliert ($r=-0.97$, $p<0.0001$).

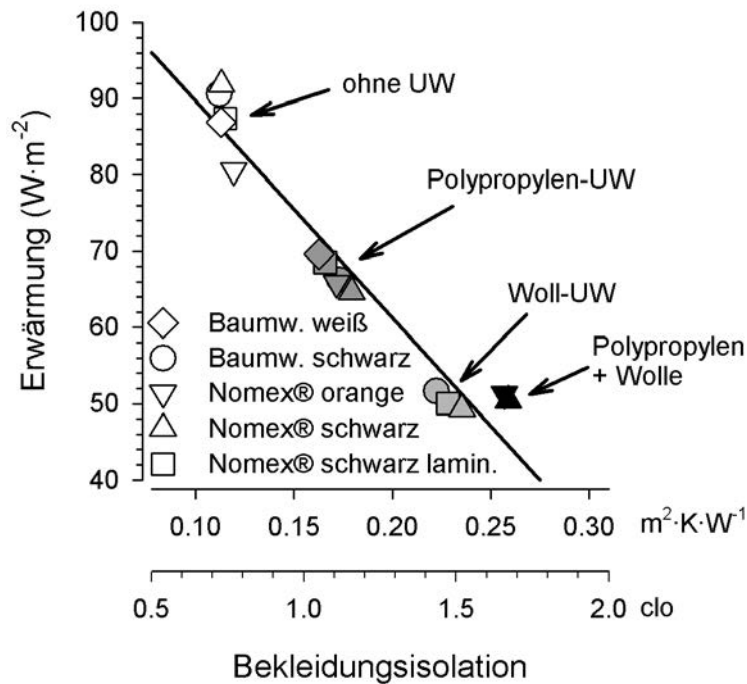


Abbildung 2: Erwärmung der TP durch langwellige Wärmestrahlung für verschiedene Unterwäsche (UW) und nicht reflektierende Oberbekleidungen in Abhängigkeit zur intrinsischen Bekleidungsisolations mit Regressionsgerade

3.2 Vergleich zu reflektierender Oberbekleidung

Abbildung 3 zeigt für die reflektierende Nomex® Oberbekleidung eine im Vergleich zur schwarzen Standardbekleidung deutlich reduzierte Erwärmung. Die auf der logarithmischen Skala annähernd parallel verlaufende Veränderung in Abhängigkeit von der getragenen Unterbekleidung deutet darauf hin, dass sich die relative Abschwächung der Erwärmung durch die Schichten der Unterbekleidung sowie die reflektierende Beschichtung unabhängig voneinander auswirkten.

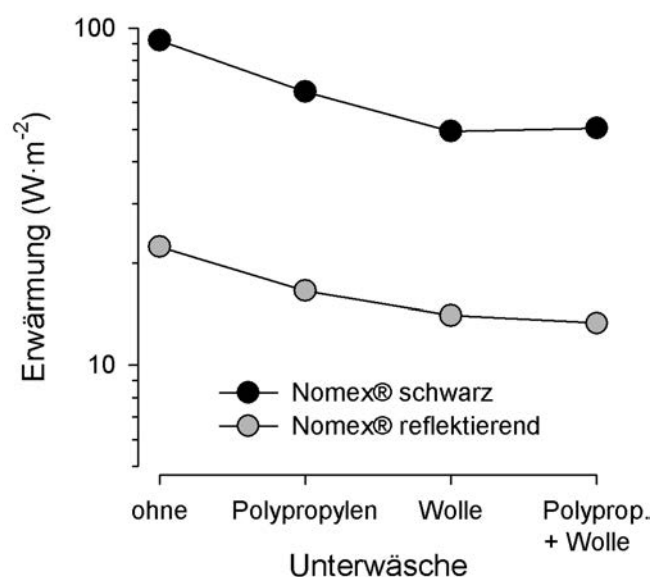


Abbildung 3: Logarithmische Darstellung der Erwärmung durch Infrarotstrahlung für schwarze und aluminiumbeschichtete Nomex® Oberbekleidung mit unterschiedlicher Unterwäsche

4. Diskussion und Schlussfolgerung

Die, mit Ausnahme des reflektierenden Anzugs, sehr ähnlichen Ergebnisse für die unterschiedliche Oberbekleidung erklären sich durch die im Infrarotbereich nur geringen Unterschiede im Emissionsgrad. Die größte Variationsbreite zeigte sich noch in den Messungen ohne Unterbekleidung mit einer geringeren Erwärmung für helle Materialien. Dieser Effekt tritt bei solarer Wärmestrahlung mit höherem kurzwelligem Spektralanteil weit ausgeprägter zu Tage (Kuklane et al. 2006).

Mit Unterbekleidung reduziert sich die Hauterwärmung durch Wärmestrahlung, wobei eine zur Anzahl der Schichten proportionale Minderung, wie sie z.B. Lotens (2004) postuliert, nicht auftrat. Vielmehr scheinen neben dem Emissionsgrad andere Eigenschaften, wie Materialdicke oder -dichte die Absorption der Wärmestrahlung mit zu bestimmen. Diese Größen beeinflussen auch die Bekleidungsisolation (Havenith 2002). Die gleichzeitig hohe negative Korrelation mit der Erwärmung lassen somit die Bekleidungsisolation als geeignetes Surrogat der genannten modifizierenden Größen bei der Modellierung (den Hartog et al. 2006) erscheinen, zumal man so auf standardisiert vorliegende Informationen, z.B. ISO 9920 (2007), zurückgreifen kann.

5. Literatur

1. Bröde, P., Candas, V., Havenith, G., Kuklane, K., Richards, M. & THERMPROTECT network 2007, Messung der Wärmeisolation von Schutzbekleidung mit Thermopuppen – Reliabilität und Validität. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg.), Kompetenzentwicklung in realen und virtuellen Arbeitssystemen. Dortmund: GfA-Press, 557-560.
2. den Hartog, E.A., Bröde, P., Candas, V., Havenith, G. & THERMPROTECT network 2006, Effect of Clothing Insulation on Attenuation of Radiative Heat Gain. In: J. Fan (Ed.), Thermal Manikins and Modelling, 6th International Thermal Manikin and Modeling Meeting (6I3M). Hong Kong: The Hong Kong Polytechnic University, 27-28.
3. Havenith, G. 2002, Interaction of clothing and thermoregulation, *Exogenous Dermatology*, 1, 221-230.
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. ISO 9920 2007, Ergonomics of the thermal environment - Estimation of thermal insulation and water vapour resistance of a clothing ensemble. Geneva: International Organisation for Standardisation.
6. Kuklane, K., Gao, C., Holmér, I. & THERMPROTECT network 2006, Effects of natural solar radiation on manikin heat exchange. 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.
7. Lotens, W.A. 2004, L'échange thermique à travers les vêtements. In: International Labour Organization (Ed.), Encyclopédie de sécurité et de santé au travail, 3 edn, vol. 2. Geneva: ILO. 42.26-42.32 (<http://www.ilo.org/public/french/protection/safework/cis/products/encyclo/pdf/vol2/242heabf.pdf> Abrufl: 31.10.2007).
8. Malchaire, J., Piette, A., Kampmann, B., Mehnert, P., Gebhardt, H., Havenith, G., den Hartog, E.A., Holmér, I., Parsons, K., Alfano, G. & Griefahn, B. 2001, Development and validation of the predicted heat strain model, *Annals of Occupational Hygiene*, 45, 123-135.
9. Wenzel, H.G., Forsthoft, A., Wenzel, C. & Neffgen, H. 1991, Einfluß verschieden gerichteter Wärmestrahlung auf die Beschreibung physiologisch äquivalenter Klimate durch die Globetemperatur t_{g40} , *Verhandlungen der Deutschen Gesellschaft für Arbeitsmedizin*, 31, 129-132.

Der Entwicklungsstand des klimatischen Belastungs-Index UTCI (Universal Thermal Climate Index)

Bernhard KAMPMANN¹, Peter BRÖDE², George HAVENITH³,
Gerd JENDRITZKY⁴ und COST 730 Working Group 1⁵

¹ *Fachgebiet Arbeitsphysiologie, Arbeitsmedizin und Infektionsschutz,
Fachbereich D, Bergische Universität Wuppertal,
Gaußstraße 20, D-42119 Wuppertal*

² *Institut für Arbeitsphysiologie an der Universität Dortmund,
Ardeystraße 67, D-44139 Dortmund*

³ *Human Thermal Environments Laboratory, Department of Human Sciences,
Loughborough University, Loughborough LE11 3TU, UK*

⁴ *Meteorologisches Institut, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg,
Werthmannstraße 10, D-79085 Freiburg*

⁵ <http://www.utci.org/cost.php>

Kurzfassung: Zur Zeit wird ein Index UTCI (Universal Thermal Climate Index) mit EU-Fördermitteln entwickelt, der auf komplexen thermophysiologicalen Modellen beruht und es erlauben soll, im Rahmen von Wettervorhersagen klimatische Belastungen für alle Klimabereiche zu bewerten. Dieser Beitrag schildert das Vorgehen bei der Erarbeitung des UTCI und den derzeitigen Entwicklungsstand.

Schlüsselwörter: UTCI, Hitze, Kälte, Thermophysiology.

1. Einleitung

Die COST Aktion 730, die im 7. Rahmenprogramm der EU gefördert wird, erarbeitet einen „Universal Thermal Climate Index“ (UTCI, Jendritzky et al. 2007) zur Bewertung klimatischer Belastungen. Der UTCI soll die Auswirkungen von Wetter und Klima auf die physiologische Beanspruchung und das Verhalten von Personen im Freien beschreiben. Die berechneten Werte des UTCI können dann von den meteorologischen Diensten für Analysen und Vorhersagen der Auswirkungen der atmosphärischen Bedingungen verwendet werden. - Der UTCI wird in Zusammenarbeit von Physiologen und Meteorologen erstellt; dieser Beitrag stellt die Arbeit der Physiologen in der „Working Group 1“ dar.

2. Methode

Die Ziele des UTCI sind hoch gesteckt: der Index soll für den gesamten Bereich aller Klimazonen – d.h. für alle Länder, Jahreszeiten und Bekleidungsgewohnheiten – anwendbar sein und die Klimaauswirkung sowohl auf den gesamten Körper als auch auf einzelne Bereiche (z.B. die Temperatur der Finger oder die Hauttemperatur im Gesicht) beschreiben. Der Index stellt eine Weiterentwicklung der „Gefühlten Temperatur“ (GT, Staiger et al. 1997 – PT, Perceived Temperature) sowie, für tiefe Temperaturen, des Wind-chill Index dar. Das Fangersche Modell des thermischen Empfindens (Fanger 1972), das der GT zugrunde liegt, wird durch das Modell der physiologischen Wärmeregulation nach Fiala et al. (2001, 340 Knoten) ersetzt.

Das Klima hat nicht nur Auswirkungen auf die thermoregulatorische Beanspruchung des Menschen, sondern ebenfalls auf die effektive Wärmeisolation der Bekleidung und den Wasserdampfdiffusionswiderstand:

Hier spielen die

- Windgeschwindigkeit
- Bewegung des Menschen (dynamische Isolationswerte) und Körperstellung
- Richtung und Intensität von Sonneneinstrahlung und weiter auch die
- Feuchtigkeit innerhalb der Bekleidung, verursacht durch Schweißverdampfung, Luftfeuchtigkeit oder Regen

eine Rolle.

Für die Einwirkung des Klimas auf die Bekleidung sollen ISO 9920 sowie Ergebnisse von Havenith et al. (2005) herangezogen werden.

3. Ergebnisse

Die Vorhersagen des Modells (Körpertemperatur, Hauttemperatur, Schweißrate, Einsetzen von Kältezittern) sollen auf eine eindimensionale Skala abgebildet werden (Abb. 1). Aus Gründen der besseren Verständlichkeit z.B. in Wetterberichten soll die Angabe entsprechend dem Konzept einer äquivalenten Temperatur in °C erfolgen.

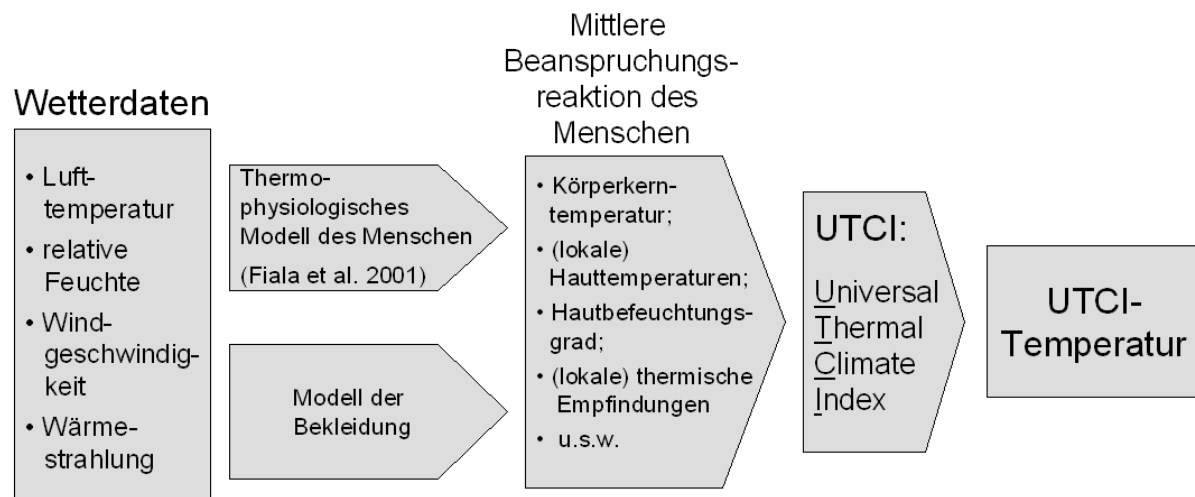


Abbildung 1: Schema zur Berechnung des UTCI und der „UTCI-Temperatur“ aus den meteorologischen Eingangsgrößen unter Verwendung des thermophysiolgisches Modells

Der UTCI gibt diejenige Lufttemperatur bei Referenzbedingungen an, die dieselbe Beanspruchung des Organismus hervorruft, wie die tatsächliche Klimabedingung. Dabei sind die Referenzbedingungen gekennzeichnet durch 50% rel. Feuchte, Luftgeschwindigkeit von 1.1 m/s sowie einer mit der Lufttemperatur übereinstimmenden mittleren Strahlungstemperatur.

Hierzu wird die Auswirkung des Klimas auf eine „Referenzperson“ (z.Zt. mit einem Energieumsatz von 135 W/m² bei einer Gehgeschwindigkeit von 4 km/h) mithilfe des FIALA-Modells beschrieben. Unter der Annahme, dass Personen eine neutrale Klimaempfindung anstreben, so weit dies durch Veränderung der Bekleidungsisolation möglich ist, wird die Bekleidungsisolation im Bereich von $I_{cl}=0,4$ clo bis $I_{cl}=1,75$ clo dem Klima angepasst. Zurzeit wird noch geklärt, ob hierzu auf Feldbeobachtungen oder Berechnungen von I_{req} (ISO 11079) zurückgegriffen werden soll.

Außerhalb des komfortablen Bereichs soll die Klimaauswirkung anhand der physiologischen Beanspruchungsreaktionen bewertet werden. Für Körperbereiche, die dem Klima direkt ausgesetzt sind (z.B. das Gesicht bei Kälte) sollen lokale Auswirkungen des Klimas mit zur Bewertung herangezogen werden. Zur Berechnung des gesuchten Index kann man auf mehrere unabhängige Kriterien in den verschiedenen Klimabereichen zurückgreifen (Tabelle 1) oder eine einzige Gleichung zur Bewertung zu entwickeln versuchen (Tabelle 2). Die Entscheidung hierüber ist noch offen.

Tabelle 1: Physiologische Größen für die Klimabewertung in verschiedenen Klimabereichen durch verschiedene Kenngrößen

Extreme Kälte	Körperkerntemperatur – IREQ und Wind-chill (ISO 11079) (lokale) Hauttemperatur Kältezittern, Anstieg des Energieumsatzes
Kälte	(lokale) Hauttemperatur Kältezittern, Anstieg des Energieumsatzes
Komfortbereich	Wärmeempfindung Hauttemperatur
Wärme	Hautbenetzung Hauttemperatur Durchblutung der Haut / Herzminutenvolumen Schweißrate Körperkerntemperatur
Extreme Wärme	Körperkerntemperatur – Predicted Heat Strain (ISO 7933) Schweißrate Herzminutenvolumen

Tabelle 2: Klimabewertung in verschiedenen Klimabereichen durch eine einzige Gleichung

z.B.	Index	$= A \cdot (T_{\text{Körperkern}} - 37)$ $+ B \cdot (T_{\text{Haut}} - 34)$ $+ C \cdot (\text{Schweißrate})$ $+ D \cdot (\text{Kältezittern; Anstieg des Energieumsatzes})$ $+ E \cdot (\text{Herzminutenvolumen}) + \dots$
------	-------	---

Der so erhaltene Index soll dann – dem Konzept der GT folgend – für die vorgegebene Referenzbedingung in eine entsprechende UTCI-Temperatur umgesetzt werden (Abb. 2)

4. Diskussion und Schlussfolgerung

Das Ziel des UTCI ist letztlich, für die Öffentlichkeit die „gefühlte“ Temperatur zu ermitteln und hierzu auch diejenigen Klimagrößen einzubeziehen, die eine Abweichung dieser Größe von der Lufttemperatur bewirken: also Wind, Luftfeuchte sowie kurz- und langwellige Wärmestrahlung.

Ein Wetterbericht bzw. eine Wettervorhersage könnte dann aussagen, dass die UTCI-Temperatur um x °C unter- oder oberhalb der Lufttemperatur liegt, bzw. könnte auch die UTCI-Temperatur direkt angeben.

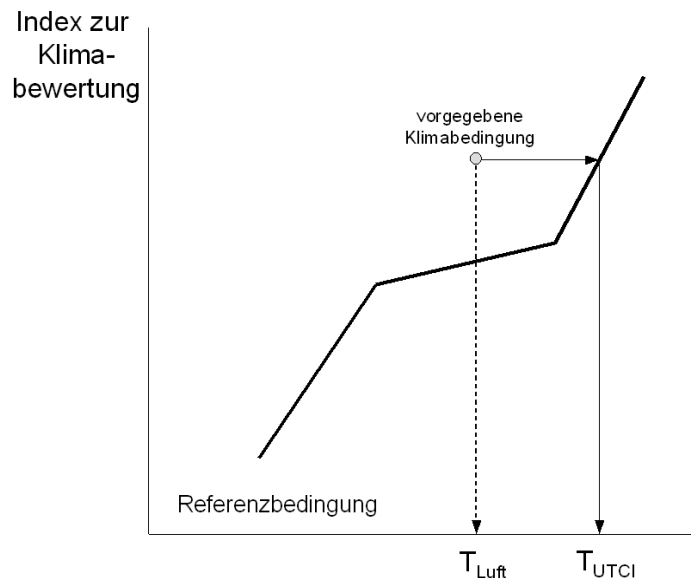


Abbildung 2: Schema zur Berechnung der UTCI-Temperatur (T_{UTCI}) aus den Index-Werten durch Bezug auf die Referenzbedingungen

Als thermophysiologisches Modell wurde dem UTCI das FIALA-Modell (mit 340 Knoten) zugrundegelegt, das inzwischen in einem weiten Bereich von Klimaparametern validiert wurde. Für die Verwendung in Wettervorhersagen muss die Berechnung des UTCI sehr schnell durchgeführt werden können; hierzu sollen die Daten entweder in einer mehrdimensionalen Tabelle nachgeschlagen oder auch interpoliert werden (Bröde et al. 2008).

5. Literatur

1. Bröde, P., Kampmann, B., Havenith, G., Jendritzky, G. & COST 730 Working Group 1 2008, Effiziente Berechnung des klimatischen Belastungs-Index UTCI. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg.), Produkt- und Produktions-Ergonomie – Aufgabe für Entwickler und Planer. GfA Press, 2008, 271-274.
2. Fanger, P.O. 1972, Thermal Comfort. New York: McGraw-Hill Book Co.
3. Fiala, D., Lomas, K.J. & Stohrer, M. 2001, Computer prediction of human thermoregulatory and temperature responses to a wide range of environmental conditions, International Journal of Biometeorology, 45, 143-159.
4. Havenith, G., Holmér, I., Meinander, H., den Hartog, E.A., Richards, M., Bröde, P. & Candas, V. 2005, THERMPROTECT. Assessment of thermal properties of protective clothing and their use. Summary Technical Report European Union Contract N°: G6RD-CT-2002-00846.
5. ISO 11079: 2007, Ergonomics of the thermal environment – Determination and interpretation of cold stress when using required clothing insulation (IREQ) and local cooling effects. Geneva: ISO.
6. ISO 7933: 2004, Ergonomics of the thermal environment – Analytical determination and interpretation of heat stress using calculation of the predicted heat strain. Geneva: ISO.
7. ISO 9920: 2007, Ergonomics of the thermal environment – Estimation of thermal insulation and water vapour resistance of a clothing ensemble. Geneva: ISO.
8. Jendritzky, G., Havenith, G., Weihs, P., Batchvarova, E. & DeDear, R. 2007, The universal thermal climate index UTCI goal and state of COST action 730. In: I.B. Mekjavic, S.N. Kounalakis & N.A.S. Taylor (Ed.), Environmental ergonomics XII, 12th International Conference on Environmental Ergonomics. Ljubljana: Biomed, 509-512.
9. Staiger, H., Bucher, K. & Jendritzky, G. 1997, Gefühlte Temperatur. Die physiologisch gerechte Bewertung von Wärmebelastung und Kältestress beim Aufenthalt im Freien in der Maßzahl Grad Celsius, Annalen der Meteorologie, 33, 100-107.

Reliabilität subjektiver Bewertungen der Qualität von Überflugeräuschen

Martin SCHÜTTE¹, Stephan SANDROCK¹, Uwe MÜLLER² und Barbara GRIEFAHN¹

¹ *Institut für Arbeitsphysiologie an der Universität Dortmund, Ardeystraße 67, D-44139 Dortmund*

² *Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V., Linder Höhe, D-51147 Köln*

Kurzfassung: In der vorliegenden Studie wird die Entwicklung eines neuen „Semantischen Differentials (SD)“ zur Ermittlung der Qualität von Flugzeuggeräuschen vorgestellt. Die Itemauswahl orientierte sich u.a. an den von Flugzeugtriebwerken sowie der Flugzeughülle jeweils emittierten Geräuschen und deren Eigenschaften. Das Verfahren besteht aus insgesamt 10 Items, die über 7-stufige bipolare Ratingskalen einzuschätzen sind. Die Reliabilitätsanalyse basiert auf der G-Theorie. Die vorgenommene G-Studie berücksichtigte als Fehlerfacetten die Lärmsensitivität und die Urteiler. Die Ergebnisse zeigen, dass die Bewertungen der Fluggeräusche von der Lärmempfindlichkeit weitgehend unbeeinflusst sind, allerdings interindividuell stark variieren. Der auf die Flugzeuggeräusche zurückgehende Varianzanteil erreicht maximal einen Wert von 20 %, was darauf hinweist, dass die Geräusche nicht stark voneinander differieren. Dennoch lassen sich – wie die Ergebnisse der D-Studien belegen – die meisten Qualitätsaspekte von Flugzeuggeräuschen mit vertretbarem Aufwand messen.

Schlüsselwörter: Sound Design, Semantisches Differential, Reliabilität, G-Theorie.

1. Einleitung

Aktuelle Prognosen zur Entwicklung des Luftverkehrs lassen – bezogen auf das Jahr 2006 – einen jährlichen Anstieg der Anzahl der Flugbewegungen bis 2013 um etwa 4 - 5 Prozent erwarten. Wenn auch derartige Voraussagen immer auf einer Vielzahl von Annahmen basieren, so kann doch von einem weiteren Wachstum des Luftverkehrs und damit einhergehend einem Anstieg der Anzahl der von Fluglärm betroffenen Menschen ausgegangen werden. Da nach Umsetzung der sich gegenwärtig in der Entwicklung befindenden technischen Maßnahmen zur Reduktion der Schallemission von Triebwerken das Potential für weitere Pegelabsenkungen begrenzt sein dürfte, erscheint es sinnvoll, nach Alternativen zu suchen, durch die eine Erhöhung der Akzeptanz von Fluggeräuschen zu erreichen ist. Eine Möglichkeit besteht darin, die Geräusche aktuell eingesetzter Flugzeuge nach dem Ausmaß der mit ihnen jeweils verbundenen subjektiv erlebten Belästigung zu evaluieren und darauf basierend die Definition von als „angenehm“ wahrgenommenen Zielgeräuschen vorzunehmen. Dazu sind jedoch Informationen über die als lästig oder störend empfundenen Geräuschkomponenten sowie deren technische Quellen notwendig, wobei bisher ein speziell die akustischen Eigenschaften von Flugzeuggeräuschen zu erfassen erlaubendes Instrument fehlt. Die vorliegende Studie erfolgte daher mit dem Ziel, ein geeignetes Semantisches Differenzial (SD) neu zu entwickeln und dessen Relia-

bilität zu ermitteln.

2. Semantisches Differential

Da mit dem SD ein Instrument konzipiert werden sollte, dessen Messungen Rückschlüsse auf zu modifizierende technische Komponenten erlaubt, orientierte sich die Itemauswahl u.a. an den von Flugzeugtriebwerken emittierten Geräuschen und deren Eigenschaften. Die so gewonnenen Adjektivpaare wurden im Rahmen von Voruntersuchungen auf Verständlichkeit so wie ihren Bezug zu Merkmalen von Flugzeuggeräuschen untersucht, was im Weiteren zu den in Tabelle 1 wiedergegebenen 10 Items führte.

Tabelle 1: Items des Semantischen Differentials

Kategorie	Adjektivpaar 1	Adjektivpaar 2
Pitch	Tieftonhaltig hochtonhaltig	Nicht dröhnend dröhnend
Breitbandgeräusch	Nicht donnernd donnernd	Nicht zischend zischend
Kreissäengeräusch	Nicht kreissägenartig kreissägenartig	
Geschwindigkeits- wahrnehmung	Langsam fliegend schnell fliegend	
Kraft	nicht kraftvoll kraftvoll	
Modulation	Ungleichmäßig gleichmäßig	
Sicherheit	Nicht sicher sicher	
Komfort	Unerträglich erträglich	

3. Flugzeuggeräusche

Die verwendeten Überfliegergeräusche stellen eine Zufallsstichprobe aus der Grundgesamtheit aktuell eingesetzter Business-, Propeller-, Mittel- und Langsteckenflugzeuge (2- bzw. 4-motorig) dar (vgl. Tabelle 2).

Tabelle 2: Art und Anzahl verwendeter Start- und Landegeräusche

Neben- strom- verhältnis R	Business Jet		Regional Jet		Single Aisle		Langstrecke 2-motorig		Langstrecke 4-motorig	
	D	A	D	A	D	A	D	A	D	A
$R < 3$	1		1		1					
$3 < R < 5$			2	3	1	1				
$R = 6$	1	1			2	2	2	2	2	2
$8 < R < 9$									1	1
Propeller			2	3						

Die insgesamt 31 am Zertifizierungspunkt für die Lärmzulassung von Flugzeugen an den Flughäfen München und Stansted aufgezeichneten Geräusche bestehen aus 16 Lande- und 15 Startgeräuschen von jeweils 40 Sekunden Dauer, die alle auf einen Pegel von 89.5 EPNdB (Effective Perceived Noise Level) angeglichen waren.

4. Reliabilitätsbestimmung

Die Reliabilitätsanalyse basiert auf der Generalisierbarkeitstheorie (Brennan 2001). Im Rahmen der für die Start- und Landegeräusche jeweils getrennt durchgeführten G-Studie erfolgte zunächst die Ermittlung des Einflusses von zwei möglichen Messfehlerquellen – nämlich der mit dem “Noise Sensitivity Questionnaire” (Schütte et al. 2007a; Schütte et al. 2007b; Sandrock et al. 2007) ermittelten Lärmsensitivität und des individuellen Antwortverhaltens der Urteiler – auf die Einschätzungen, wobei ein ANOVA-Modell mit zufälligen Effekten unterstellt wurde (vgl. Tabelle 3).

Tabelle 3: Varianzkomponenten (σ^2) und Varianzanteile (%) für Start- (S) und Landegeräusche (L)

Item	Noise Sensitivity (S)		Person:S (P:S)		Airplane Sound (A)		S+A		P+A:S, error	
	σ^2	(%)	σ^2	(%)	σ^2	(%)	σ^2	(%)	σ^2	(%)
Startgeräusche										
Tief-/Hochtonhaltig	0.00	0.00	0.24	9.61	0.38	15.04	0.03	1.37	1.85	73.98
Nicht/Dröhnend	0.06	2.23	0.53	19.59	0.05	1.96	0.01	0.49	2.04	75.73
Nicht/Kraftvoll	0.00	0.00	0.47	23.53	0.14	7.14	0.00	0.21	1.37	69.13
Nicht/Donnernd	0.00	0.00	0.44	18.55	0.13	5.48	0.01	0.57	1.80	75.39
Nicht/Kreissägenartig	0.00	0.00	0.43	12.03	0.38	10.65	0.10	2.73	2.66	74.58
Langsam/Schnell	0.00	0.00	0.43	12.03	0.38	10.65	0.10	2.73	2.66	74.58
Un-/gleichmäßig	0.00	0.00	0.45	16.54	0.25	9.43	0.04	1.64	1.96	72.39
Un-/sicher	0.00	0.00	0.41	20.90	0.11	5.90	0.00	0.00	1.42	73.20
Nicht/Zischend	0.00	0.19	0.39	16.10	0.20	8.12	0.00	0.00	1.85	75.60
Un-/Erträglich	0.02	1.06	0.40	17.65	0.14	6.39	0.02	0.88	1.68	74.02
Landegeräusche										
Tief-/Hochtonhaltig	0.00	0.00	0.36	14.06	0.49	19.48	0.00	0.00	1.69	66.45
Nicht/Dröhnend	0.03	1.00	0.55	21.43	0.27	10.54	0.05	1.79	1.66	65.24
Nicht/Kraftvoll	0.00	0.00	0.79	36.18	0.03	1.48	0.00	0.00	1.36	62.34
Nicht/Donnernd	0.00	0.00	0.90	32.93	0.29	10.48	0.00	0.00	1.55	56.59
Nicht/Kreissägenartig	0.00	0.00	1.18	36.34	0.24	7.55	0.00	0.00	1.81	56.11
Langsam/Schnell	0.03	1.21	0.43	17.56	0.42	17.47	0.00	0.00	1.55	63.76
Un-/gleichmäßig	0.00	0.00	0.58	23.49	0.36	14.54	0.01	0.31	1.53	61.66
Un-/sicher	0.00	0.00	0.77	41.98	0.07	3.88	0.01	0.70	0.98	53.44
Nicht/Zischend	0.01	0.56	0.33	16.97	0.25	12.52	0.00	0.00	1.37	69.96
Un-/Erträglich	0.05	2.26	0.69	29.68	0.19	8.44	0.00	0.00	1.38	59.62

Der Auswertung der Bewertungen der Startgeräusche liegt eine Stichprobe von 72 und der Datenanalyse für die Landegeräusche ein Kollektiv von 60 Urteilern zugrunde. Die Ergebnisse zeigen, dass die Lärmsensitivität durchgängig bei allen 10 Items des SD sowohl bei den Starts als auch Landungen keinen substantiellen Einfluss hat. Der auf diese Fehlerfacette zurückgehende Varianzanteil beträgt maximal 2.23 % (Item „Dröhnend“ - Startgeräusche) bzw. 2.26 % (Item „Erträglich“ - Landegeräusche).

Dagegen klärt der Faktor Person zwischen 10 und 24 % der in den Bewertungen vorhandenen Variabilität bei den Start- und 14 bis 42 % bei den Landegeräuschen auf. Die Residualvarianz erreicht jeweils mit 69-76% (Starts) bzw. 53-70 % (Landungen) den größten Varianzanteil. Auf das Messobjekt – also die verschiedenen Flugzeuggeräusche - gehen zwischen 2 und 15 % (Starts) sowie 1 bis 19 % (Landungen) der Messwertvariabilität zurück. Die Wechselwirkung zwischen den Faktoren Lärmempfindlichkeit und Flugzeuggeräusch bindet jeweils keinen substantiellen Varianzanteil. Insgesamt belegen die Ergebnisse der G-Studie, dass bei konkretem Einsatz des SD die Lärmsensitivität nicht weiter mit erhoben zu werden braucht.

Die anschließend zur Ermittlung der Reliabilität der SD-Items durchgeführte D-Studie berücksichtigt dementsprechend als relevante Messfehlerquelle nur noch den Faktor Person. Im Rahmen der dazu durchgeführten zweiten Datenerhebung beurteilten 52 Personen die Start- und 66 Personen die Landegeräusche. Die für eine einzelne Messung, also die Bewertung eines Fluggeräuschs durch einen Urteiler pro Item ermittelten relativen und absoluten G-Koeffizienten (vgl. Tabelle 4) erreichen maximal Werte von 0.20 bzw. 0.17 (Starts) sowie 0.23 und 0.17 (Landungen) und unterschreiten damit die nach DIN EN ISO 10075-3 empfohlene Mindest-Reliabilität von 0.70 deutlich.

Tabelle 4: Relativer (ρ^2) und absoluter G-Koeffizient (Φ) pro Item für die Start- und Landegeräusche

Item	Startgeräusche		Landegeräusche	
	ρ^2 N=1	ϕ N=1	ρ^2 N=1	ϕ N=1
Tief-/Hochtonhaltig	0.20	0.17	0.17	0.14
Langsam/Schnell	0.20	0.16	0.23	0.17
Un-/gleichmäßig	0.20	0.16	0.15	0.11
Nicht/Kreissägenartig	0.14	0.11	0.10	0.06
Nicht/Kraftvoll	0.13	0.09	0.04	0.03
Nicht/Zischend	0.10	0.08	0.10	0.08
Nicht/Donnernd	0.10	0.06	0.13	0.09
Un-/Erträglich	0.08	0.06	0.10	0.07
Nicht/Dröhnend	0.06	0.04	0.06	0.04
Un-/sicher	0.03	0.02	0.05	0.03

Im Weiteren wurde daher der für eine Orientierungsmessung ($0.70 \leq \text{Reliabilität} < 0.80$), ein Screening ($0.80 \leq \text{Reliabilität} < 0.90$) sowie eine Präzisionsmessung ($0.90 \leq \text{Reliabilität}$) jeweils erforderliche Messwertumfang bestimmt.

Bei den Startgeräuschen (vgl. Tabelle 5) variiert der zur Erreichung einer Reliabilität von 0.70 (ρ^2) notwendige Stichprobenumfang zwischen 10 (Item "Tief- / Hochtonhaltig", "Langsam / Schnell", "Ungleichmäßig / Gleichmäßig") und 75 Urteilern (Item

“Unsicher / Sicher”). Wird eine Zuverlässigkeit von 0.80 angestrebt, so sind zwischen 17 und 128 Urteiler erforderlich. Eine Präzisionsmessung verlangt Stichprobengrößen von 37 beziehungsweise 287 Personen. Erhebungen, bei denen die absolute Messgenauigkeit (Φ) der Ratingwerte bedeutsam ist, machen insgesamt etwas größere Stichproben notwendig (vgl. Tabelle 5), nämlich 12 - 116 Urteiler für Orientierungsmessungen, 19 - 198 für ein Screening und 43 - 444 für Präzisionsmessungen.

Tabelle 5: Stichprobenumfang (N) in Abhängigkeit vom Reliabilitätsniveau (Startgeräusche)

Item	Relativer G-Koeffizient (ρ^2)			Absoluter G-Koeffizient (Φ)		
	0.70	0.80	0.90	0.70	0.80	0.90
Tief-/Hochtonhaltig	10	17	37	12	19	43
Langsam/Schnell	10	17	37	12	21	46
Un-/gleichmäßig	10	17	37	13	22	49
Nicht/Kreissägenartig	15	25	56	19	32	71
Nicht/Kraftvoll	17	28	63	24	41	91
Nicht/Zischend	21	36	80	29	49	109
Nicht/Donnernd	22	37	83	34	59	131
Un-/Erträglich	26	44	98	36	61	136
Nicht/Dröhnend	38	64	144	58	98	220
Un-/Sicher	75	128	287	116	198	444

Bei den Landegeräuschen (vgl. Tabelle 6) variiert die für eine Orientierungsmessung erforderliche Stichprobengröße (relativer G-Koeffizient) zwischen 8 (Item “Langsam / Schnell”) und 55 (Item “Nicht kraftvoll / Kraftvoll”) beziehungsweise 12 und 83 Urteilern (absoluter G-Koeffizient).

Tabelle 6: Stichprobenumfang (N) in Abhängigkeit vom Reliabilitätsniveau (Landegeräusche)

Item	Relativer G-Koeffizient (ρ^2)			Absoluter G-Koeffizient (Φ)		
	0.70	0.80	0.90	0.70	0.80	0.90
Langsam/Schnell	8	14	30	12	21	46
Tief-/Hochtonhaltig	12	21	46	15	25	55
Un-/gleichmäßig	14	23	51	19	33	74
Nicht/Donnernd	16	27	61	24	41	91
Nicht/Zischend	22	37	83	29	49	109
Un-/Erträglich	23	38	85	31	54	120
Nicht/Kreissägenartig	22	37	82	35	60	134
Nicht/Dröhnend	35	59	132	58	99	221
Un-/Sicher	45	76	171	80	137	307
Nicht/Kraftvoll	55	94	210	83	142	320

Eine zu Screeningzwecken geplante Befragung setzt zwischen 14 und 94 (p^2) oder 21 und 142 (Φ) Urteiler voraus. Wenn die Items des SD im Rahmen einer Präzisionsmessung eingesetzt werden sollen, sind Stichproben mit 30 und 210 (p^2) beziehungsweise 46 und 320 (Φ) Urteilern vorzusehen.

5. Zusammenfassung und Diskussion

Die durchgeführten Reliabilitätsanalysen belegen, dass die Lärmempfindlichkeit keinen bedeutsamen Einfluss auf die Beurteilung von Fluggeräuschen hat. Allerdings unterliegen die Einschätzungen erheblichen interindividuellen Unterschieden. Möglicherweise hatten einige der Probanden Schwierigkeiten, so differenziert zu urteilen, wie die Graduierung der vorgegebenen Ratingskala verlangt. Die Probanden wurden zwar gründlich in die Handhabung der Skalen etc. eingewiesen, allerdings erscheint eine weitere Intensivierung dieser Einübungen sinnvoll.

Der auf die Flugzeuggeräusche zurückgehende Varianzanteil erreicht maximal einen Wert von etwa 20 %, was darauf hinweist, dass die Geräusche nicht stark differieren. Dennoch lassen sich – wie die Ergebnisse der D-Studien belegen – die meisten Aspekte mit vertretbarem Aufwand zuverlässig messen, wobei eine Verminderung der Itemanzahl anzustreben ist. Ausgehend von den durch den Faktor Fluggeräusch jeweils aufgeklärten Varianzanteilen sowie den ermittelten G-Koeffizienten sollte das Item „sicher“ bei der Messung der Qualität sowohl von Lande- als auch Startgeräuschen unberücksichtigt bleiben. Bei der Bewertung der Startgeräusche fällt weiterhin das Item „dröhnend“ mit einem geräuschbezogenen Varianzanteil von weniger als 5 % auf, das bei derartigen Erhebungen somit ebenfalls verzichtbar ist. Aus denselben Gründen sollte bei Landegeräuschen von der Verwendung des Items „kraftvoll“ abgesehen werden.

Die vorliegende Untersuchung basiert auf Stichproben von nicht in der Nähe eines Flughafens wohnenden Personen, um den Einfluss von vorgefassten Meinungen zum Luftverkehr und Flugzeuglärm auf die Geräuschbewertung möglichst gering zu halten. Dennoch erscheint ein Vergleich der Einschätzungen mit denen sogenannter Flughafenanrainer sinnvoll, um zu klären, ob eine Unterscheidung der beiden Gruppen überhaupt notwendig ist.

Die Identifikation stärker akzeptierter Fluggeräusche lässt sich z.B. über die Bestimmung des Zusammenhangs zwischen den über das SD erhaltenen Beurteilungen mit den parallel zu erhebenden Einschätzungen, ob und in welchem Ausmaß das jeweilige Geräusch als angenehm wahrgenommen wird, vornehmen.

6. Literatur

1. Brennan, R.L. 2001, Generalizability Theory. New York: Springer.
2. DIN EN ISO 10075-3: 2004, Ergonomic principles related to mental workload – Part 3: Measurement and assessment of mental workload. Berlin: Beuth.
3. Sandrock, S., Schütte, M. & Griefahn, B. 2007, The reliability of the noise sensitivity questionnaire in a cross-national analysis, *Noise & Health*, 9, 8- 14.
4. Schütte, M., Marks, A., Wenning, E. & Griefahn, B. 2007a, The development of the noise sensitivity questionnaire, *Noise & Health*, 9, 15-24.
5. Schütte, M., Sandrock, S. & Griefahn, B. 2007b, Factorial validity of the noise sensitivity questionnaire, *Noise & Health*, 9, 96-100.

Lästigkeit von Straßenverkehrslärm unter Berücksichtigung individueller Lärmempfindlichkeit und Befindlichkeit

Stephan SANDROCK, Martin SCHÜTTE und Barbara GRIEFAHN

*Institut für Arbeitsphysiologie an der Universität Dortmund,
Ardeystr. 67, D-44139 Dortmund*

Kurzfassung: Eine wesentliche Reaktion auf Lärm stellt die Belästigung dar. Die vorliegende Studie untersucht den Zusammenhang zwischen der individuellen Lärmempfindlichkeit und dem aktuellen Befinden auf ein nach einer Aufgabenbearbeitung unter der Belastung von Straßenverkehrslärm folgendes Lästigkeitsurteil. Es wird gezeigt, dass neben der Lärmempfindlichkeit die aktuelle Befindlichkeit bei der Erfassung von Lästigkeitsurteilen nicht unberücksichtigt bleiben sollte.

Schlüsselwörter: Verkehrslärm, NoiSeQ, Belästigung, Befindlichkeit.

1. Einleitung

Ausgehend von einer vom Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen in Auftrag gegebenen Studie (Mann et al. 2001) ist trotz eines bereits hohen Verkehrsaufkommens mit einer weiteren Zunahme des Straßenverkehrs zu rechnen. Damit ist zu erwarten, dass die durch Verkehrslärm verursachte Belästigung als eine der wichtigsten extra-auralen Lärmwirkungen ebenfalls ansteigen wird. Die hohe interindividuelle Variabilität in den Belästigungsreaktionen lässt sich zu einem Teil durch die interindividuelle Lärmsensitivität erklären (Job 1999). Darüber hinaus existieren Hinweise, dass auch die aktuelle Befindlichkeit das Lästigkeitserleben beeinflusst. Allerdings sind die dazu vorliegenden Befunde uneinheitlich. So berichtet Västfjäll (2002), dass schlecht gestimmte Personen Geräusche zunehmend als lästiger bewerteten, je geringer ihre Lärmempfindlichkeit ausgeprägt ist. Im Gegensatz dazu konnten Leue et al. (2005a) zeigen, dass von den eher schlecht gestimmten Personen, diejenigen mit höherer Lärmempfindlichkeit auch eine höhere Lästigkeit angeben. In der vorliegenden Untersuchung soll die Beziehung zwischen Lärmempfindlichkeit und Befindlichkeit erneut überprüft werden, wobei das Modell von Västfjäll eine disordinale und die Ergebnisse von Leue et al. eine ordinale Wechselwirkung erwarten lassen.

2. Methode

An der Untersuchung nahmen 80 Personen zwischen 17 und 31 Jahren teil ($23,3 \pm 3,27$). Die individuelle Lärmempfindlichkeit wurde mit der Subskala Arbeit des Noise Sensitivity Questionnaire (NoiSeQ, Schütte et al. 2007) erfasst, wobei auf Basis der Skalenwerte der Normierungsstichprobe post hoc eine Klassifikation in hoch-, und niedrig lärmempfindliche Personen erfolgte. Das aktuelle Befinden wurde mit den Kurzversionen des Mehrdimensionalen Befindlichkeitsfragebogens erfasst (Steyer et al. 1997), der die Dimensionen ‚gute/schlechte Stimmung‘, ‚Wachheit/Müdigkeit‘ sowie ‚Ruhe/Unruhe‘ abdeckt. Die Klassifikation in gutes, bzw. eingeschränktes Befinden erfolgte ebenfalls post hoc, wobei dieses als beeinträchtigt be-

wertet wurde, wenn einer der drei Skalenwerte unterhalb der Hälfte des jeweils maximal zu erreichenden Skalenwertes von 20 lag. Damit reduzierte sich der Stichprobenumfang auf 42 Personen.

Die Probanden hatten unter Einwirkung von Lärm den dem Criterion Task Set (Shingledecker 1984) entlehnten Grammatical Reasoning Test (GRT) in zwei Schwierigkeitsvarianten (einfach/schwierig) zu bearbeiten. Hierbei muss überprüft werden, ob eine aus den drei Symbolen „&“, „#“, „*“ bestehende Folge mit einem, bzw. zwei auf diese Bezug nehmenden Aussagen übereinstimmt oder nicht. Nach jeweils vierzehnminütiger Bearbeitungsdauer wurde das Lästigkeitserleben mit einer fünfstufigen Ratingskala (ISO/TS 15666:2003), die in Anlehnung an das Kategorienunterteilungsverfahren zusätzlich auf 50 Stufen erweitert wurde, erfasst.

Die Schallbedingungen setzten sich aus Vorbeifahrten von je 168 Fahrzeugen zusammen und enthielten 20 % Schwerlastverkehr. Die energieäquivalenten Dauerschallpegel lagen zwischen 53,2 und 54,7 dB(A). Die Maximalpegel variierten zwischen 64,3 und 68,5 dB(A). Während der Schallexposition bearbeiteten die Probanden zunächst die GRT-Aufgaben, und bewerteten anschließend die Lästigkeit der Schallszenarien. Die Schallszenarien wurden über offene Kopfhörer (AKG 501) präsentiert. Der Versuch verlief vollständig rechnergesteuert.

3. Ergebnisse

Die Auswertung erfolgte über eine 3-faktorielle Varianzanalyse mit den unabhängigen Faktoren arbeitsbezogene Lärmempfindlichkeit (hoch/gering) und Befindlichkeit (gut/schlecht) sowie der Aufgabenschwierigkeit (einfach/schwierig) als Messwiederholungsfaktor. Als abhängige Variablen gingen die jeweiligen Lästigkeitseinschätzungen in die Analysen ein. Varianzanalysen setzen homogene Fehlervarianzen und normal verteilte Fehlerkomponenten voraus. Da der F-Test zudem gegenüber statistischen Ausreißern anfällig ist, wurden die Daten zunächst einer explorativen Datenanalyse unterzogen, um Ausreißer zu identifizieren. Messwerte wurden als Ausreißer behandelt, wenn sie oberhalb des zum dritten Quartil addierten 1,5-fachen Interquartilabstands bzw. unterhalb des vom ersten Quartil subtrahierten 1,5-fachen Interquartilabstands lagen. Danach mussten die Daten einer Person von der weiteren Auswertung ausgeschlossen werden, so dass sich die Stichprobe auf 41 Personen reduzierte.

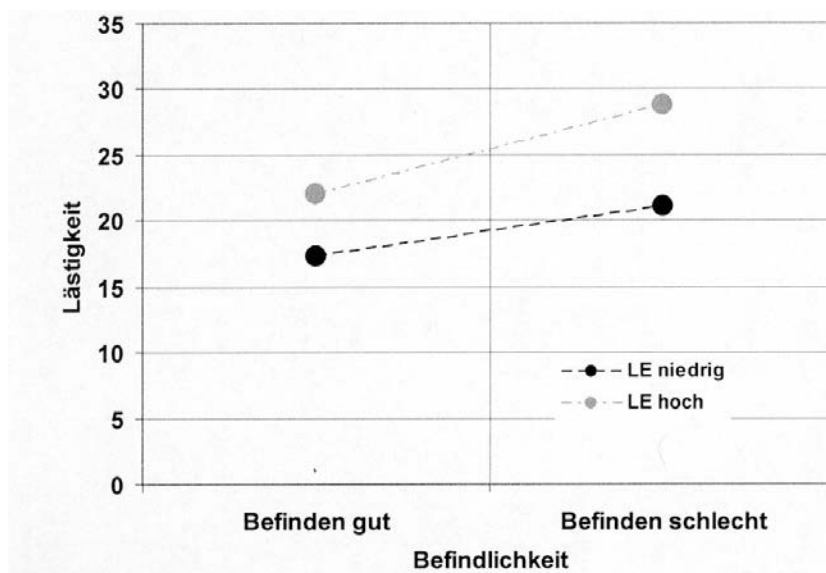
Die im Anschluss über einen Box-Cox-Plot vorgenommene Überprüfung der Stabilität der Varianzen zeigte keinen systematischen Zusammenhang zwischen den logarithmierten Mittelwerten und Standardabweichungen der einzelnen Zellen ($R = 0,2$, $p = 0,6$) und spricht damit für Varianzstabilität der Daten.

Die im weiteren vorgenommene Überprüfung der Fehlerkomponenten auf Normalverteilung erfolgte für die Residuen der einzelnen Zellen des Designs über die Berechnung des Verhältnisses von Kurtosis und Schiefe zu deren jeweiligen Standardfehlern (Tabachnick & Fidell 2007). Da diese Koeffizienten Werte zwischen -2 und +2 annahmen, ist davon auszugehen, dass keine substantiellen Abweichungen von einer Normalverteilung vorliegen. Insgesamt kann daher gefolgert werden, dass die Daten den Anforderungen einer Varianzanalyse genügen. Die Ergebnisse der Varianzanalyse zeigt Tabelle 1.

Tabelle 1: Ergebnisse der Varianzanalyse für die Lästigkeitseinschätzungen.

Varianzquelle	df	MQS	F-Wert	p	partielles η^2	Effektstärke f
Lärmempfindlichkeit (L)	1	752,05	4,57	0,04	0,11	0,35
Befindlichkeit (B)	1	538,09	3,27	0,08	0,08	0,29
L*B	1	44,79	0,27	0,60	0,01	0,10
Fehler	37	164,55				
Schwierigkeit (D)	1	94,50	2,39	0,13		
D*L	1	53,37	1,35	0,25		
D*B	1	110,09	2,78	0,10		
D*L*B	1	36,14	0,91	0,35		
Fehler (D)	37	39,55				

Die Varianzanalyse erbrachte einen statistisch signifikanten Haupteffekt für den Faktor Lärmempfindlichkeit. Dieser erklärt sich dadurch, dass Personen, die sich als hoch lärmempfindlich beschreiben, dazu tendieren, die Lästigkeit der präsentierten Geräusche höher einzuschätzen (Abbildung 1).

**Abbildung 1:** mittlere Lästigkeitseinschätzungen in Abhängigkeit von Befindlichkeit und Lärmempfindlichkeit.

Weitere gegen den Zufall zu sichernde Effekte ließen sich nicht nachweisen. Neben der statistischen Signifikanz ist allerdings auch die praktische Relevanz von Bedeutung (Bortz 2005). Über das partielle η^2 wurden daher für die unabhängigen Faktoren jeweils die Effektstärken f berechnet. Das für den Faktor Lärmempfindlichkeit ermittelte f von 0,35 entspricht einer mittleren bis großen Effektstärke (Cohen 1988).

Der für den Faktor Befindlichkeit errechnete Wert von f entspricht mit 0,29 einer mittleren Effektstärke. Ein weiterer substantieller Effekt konnte für die Interaktion L * B nicht ermittelt werden.

4. Diskussion

Die aktuelle Untersuchung zeigt, dass das Lästigkeitsurteil nach Aufgabenbearbeitung in hohem Maße durch die individuelle Lärmempfindlichkeit determiniert wird.

Dieser Haupteffekt korrespondiert mit den Befunden von Leue et al. (2005a) und Västfjäll (2002). Die Größe des Effektes der aktuellen Befindlichkeit spricht dafür, dass diese ebenfalls deutlich die Lästigkeitsbewertung beeinflusst. Allerdings konnte eine Interaktion zwischen Lärmempfindlichkeit und Befindlichkeit nicht nachgewiesen werden. Basierend auf den Befunden von Leue et al. (2005b) ist daher davon auszugehen, dass Lärmempfindlichkeit und Befindlichkeit unabhängig voneinander zur Lästigkeitseinschätzung von Geräuschen beitragen. Damit erscheint es sinnvoll, bei der Erfassung der Belästigung neben der individuellen Lärmempfindlichkeit auch das aktuelle Befinden mit zu erheben.

5. Literatur

1. Bortz, J. 2005, Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler. Heidelberg: Springer.
2. Cohen, J. 1988, Statistical power analysis for the behavioral sciences. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Inc..
3. ISO/TS 15666: 2003, Acoustics -- Assessment of noise annoyance by means of social and socio-acoustic surveys. Genf: International Organization for Standardization.
4. Job, R.F.S. 1999, Noise sensitivity as a factor influencing human reactions to noise, *Noise & Health*, 3, 57-68.
5. Leue E, Schütte M, Griefahn B. 2005a, Lästigkeitseinschätzungen von Verkehrsgeräuschen unter dem Einfluss von Befindlichkeit und Lärmempfindlichkeit. In: T. Brüning, V. Harth & M. Zaghow (Hrsg.), Dialog zwischen betrieblicher Praxis und arbeitsmedizinischer Wissenschaft, Dokumentation der Deutschen Gesellschaft für Arbeitsmedizin und Umweltmedizin e.V., 45. Jahrestagung, 6.-9. April 2005 in Bochum. Lübeck: DGAUM, 485-486.
6. Leue, E., Schütte, M. & Griefahn, B., 2005b, Individuelle Lärmempfindlichkeit und momentane psychische Befindlichkeit. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg.), Personalmanagement und Arbeitsgestaltung. Dortmund: GfA-Press, 621-624.
7. Mann, H. U., Ratzenberger, R., Schubert, M., Kollberg, B., Gresser, K., Konanz, W., Schneider, W., Platz, H., Kotzagiorgis, S. & Tabor, P. 2001, Verkehrsprognose 2015 für die Bundesverkehrswegeplanung. Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen.
8. Schütte, M., Marks, A., Wenning, E. & Griefahn, B. 2007, The development of the noise sensitivity questionnaire, *Noise & Health*, 9, 15-34.
9. Shingledecker, C. A. 1984, A task battery for applied human performance assessment research. Ohio: Air Force Aerospace Medical Research Laboratory.
10. Steyer, R., Schwenkmezger, P., Notz, P. & Eid, M. 1997, Der mehrdimensionale Befindlichkeitsfragebogen. Göttingen: Hogrefe.
11. Tabachnick, B.G. & Fidell, L.S. 2007, Using multivariate Statistics. Boston: Pearson Education, Inc..
12. Västfjäll, D. 2002, Influences of Current Mood and Noise Sensitivity on Judgments of Noise Annoyance, *The Journal of Psychology*, 136, 357-370.

Zuverlässigkeit von Lästigkeitsbewertungen experimenteller Schallbedingungen

Stephan SANDROCK, Martin SCHÜTTE und Barbara GRIEFAHN

*Institut für Arbeitsphysiologie an der Universität Dortmund,
Ardeystr. 67, D-44139 Dortmund*

Kurzfassung. Eine wesentliche Reaktion auf Lärm stellt die Belästigung dar. In der vorliegenden Studie wird mit einem unter Laborbedingungen gewonnenen Datensatz überprüft, welche Faktoren zur Variabilität eines nach Aufgabenbearbeitung unter Lärm abgegebenen Lästigkeitsurteils beitragen. Es wird die Zuverlässigkeit dieser Einschätzungen überprüft und diskutiert, welche Maßnahmen zur Steigerung der Messgenauigkeit ergriffen werden können.

Schlüsselwörter: Verkehrslärm, Reliabilität, Belästigung, Generalisierbarkeitstheorie.

1. Einleitung

Allgemein gelten Verkehrsgeräusche als wesentlicher Auslöser der zu den extra-auralen Lärmwirkungen zählenden subjektiven Belästigungsreaktion. Da trotz bereits hoher Verkehrsdichte von einer weiteren Zunahme des Verkehrs auszugehen ist (z.B. Mann et al. 2001), kann erwartet werden, dass die Anzahl der durch Lärm belästigten Personen ebenfalls ansteigt. Das Lästigkeitsurteil wird primär von dem von einem Fahrzeug emittierten Schallpegel geprägt, hängt daneben aber auch von der individuellen Lärmempfindlichkeit sowie der jeweils ausgeführten Tätigkeit ab (Guski 1999; Job 1999).

Die vorliegende Studie erfolgte mit dem Ziel, genaueren Aufschluss über die Wirkung einer weiteren, in diesem Rahmen als bedeutsam für das Lästigkeitserleben vermuteten Variablen zu erhalten, nämlich die Dynamik der Verkehrsgeräusche (LUBW 2007).

2. Methode

2.1 Experimentelles Vorgehen

Die hergestellten vier Schallbedingungen setzten sich jeweils aus Vorbeifahrten von je 168 Fahrzeugen mit einem Schwerlastverkehrsanteil von 20 % zusammen. Das als Kontrollbedingung eingeführte Schallszenario hatte einen L_{eq} von 44 dB(A) (L_{max} 48,7 dB(A)). Die Emergenzen der Verkehrsgeräusche wurden in drei Stufen über unterschiedlich große Differenzen (+ 8 dB(A), +10 dB(A), +13 dB(A)) der Maximalpegel zum energieäquivalenten Dauerschallpegel verändert, der jeweils 54,7 dB(A) betrug.

An der Untersuchung nahmen 64 Personen im Alter zwischen 17 und 31 Jahren teil ($23,3 \pm 3,27$ Jahre). Die Probanden wurden den Versuchsbedingungen nach Zufall zugewiesen.

Ausgehend von der über die Subskala „Arbeit“ des „Noise Sensitivity Questionnai-

re“ (Schütte et al. 2007) ermittelten individuellen Lärmempfindlichkeit wurden post-hoc die Probanden mit Werten unter dem Median der zugehörigen Normwertverteilung als niedrig und die mit Werten über dem 50. Perzentil als hoch lärmempfindlich klassifiziert.

Die Versuchspersonen hatten unter Lärmeinwirkung die dem Criterion Task Set (Shingledecker 1984) entlehnten Grammatical Reasoning Aufgaben (GRT) in den Varianten leicht und schwer zu bearbeiten. Dabei ist von den Probanden jeweils zu prüfen, ob eine aus drei Symbolen (&, #, *) bestehende Folge mit einem, bzw. zwei auf diese Bezug nehmenden Aussagen übereinstimmt oder nicht. Nach jeweils vierzehnminütiger Bearbeitungsdauer wurde das Lästigkeitserleben mit einer fünfstufigen verbal verankerten Ratingskala (ISO/TS 15666:2003) erfasst, die in Anlehnung an das Kategorienunterteilungsverfahren zusätzlich auf 50 Stufen erweitert war. Während der Schallexposition bearbeiteten die Probanden zunächst die GRT-Aufgaben, und beurteilten anschließend die Lästigkeit der Szenarien. Die Schallszenarien wurden über offene Kopfhörer (AKG 501) präsentiert. Der Versuch verlief vollständig rechnergesteuert.

2.2 Bestimmung der Zuverlässigkeit auf Basis der Generalisierbarkeitstheorie

Die Auswertung der experimentell gewonnenen Daten erfolgte auf Basis der G-Theorie (Shavelson & Webb 1991; Cronbach & Shavelson 2004), um bestimmen zu können, mit welcher Zuverlässigkeit die experimentell eingeführten Schallbedingungen – die hier das Messobjekt darstellen – in der mit ihnen verbundenen Lästigkeit voneinander zu differenzieren sind. Dabei sind die individuelle Lärmsensitivität, das Schwierigkeitsniveau der aktuell durchzuführenden Tätigkeit und die Befragten selbst als zur Messwertvariabilität beitragende Facetten zu berücksichtigen. Die G-Theorie nutzt dazu ein varianzanalytisches Vorgehen.

Der Untersuchung liegt ein 4-faktorielles Design (Faktor 1: Schallbedingung, Faktor 2: Lärmsensitivität, Faktor 3: Aufgabenschwierigkeit, Faktor 4: Personen) mit einer Schachtelung der Personen unter die Stufen der Faktoren Lärmsensitivität und Schallbedingung zu Grunde.

3. Ergebnisse der G-Studien

Die Auswertung der Daten wurde für die einfachen und schwierigen Aufgaben getrennt vorgenommen, da die zwei realisierten Schwierigkeitsstufen die Grundgesamtheit vollständig repräsentieren. Die Probanden verteilten sich gleichmäßig auf die Versuchsbedingungen und den Faktor Lärmempfindlichkeit (8 Probanden pro Gruppe).

Der 3-faktoriellen Varianzanalyse liegt ein vollständiges Random-Effects-Modell zugrunde. Da die sich am 50. Perzentil orientierende Klassifikation in hoch bzw. niedrig lärmsensitive Personen eine Stichprobe aus der Grundgesamt aller denkbaren, ähnlichen Klassifikationen repräsentiert, wird der Faktor Lärmempfindlichkeit als zufällig behandelt. Das Messobjekt, also die Schallszenarien stellen eine zufällige Auswahl aus allen möglichen Maximalpegelvariationen zwischen 55 und 68,5 dB(A) dar. Tabelle 1 gibt die Ergebnisse der G-Studie für die leichten Aufgaben wieder.

Tabelle 1: Ergebnisse der G-Studie für die Lästigkeitseinschätzungen nach einfachen Aufgaben

Varianzquelle	df	Mittlere Quadratsumme	Varianzkomponente σ^2	Varianzanteil (%)
Schallbedingung (S)	3	656,89	29,05	18,5
Lärmempfindlichkeit (L)	1	805,14	19,16	12,2
Personen:SL	56	96,94	96,94	61,6
S*L	3	192,02	11,88	7,5

Die Berechnung der Varianzkomponenten zeigt, dass mit 18,5 % ein nicht unwesentlicher Teil der Variabilität in den Lästigkeitsurteilen auf die Schallszenarien zurückzuführen ist. Darüber hinaus sind die Einschätzungen von der Lärmempfindlichkeit beeinflusst, wie der auf diesen Faktor zurückgehende Varianzanteil von 12 % belegt. Weiterhin gehen 7,5 % der Varianz auf die Interaktion S * L zurück, so dass die lästigkeitsbezogene Rangfolge der Schallbedingungen in Abhängigkeit von der Ausprägung der Lärmempfindlichkeit variiert. Mit 62 % bindet der Faktor Personen den größten Varianzanteil. Insgesamt zeigen die Ergebnisse, dass bei der D-Studie der Faktor Lärmempfindlichkeit als Fehlerfacette nicht unberücksichtigt bleiben sollte.

Die Ergebnisse der für die schwierige Variante der GRT-Aufgaben durchgeführten Varianzkomponentenzerlegung enthält Tabelle 2.

Tabelle 2: Ergebnisse der G-Studie für die Lästigkeitseinschätzungen nach schwierigen Aufgaben

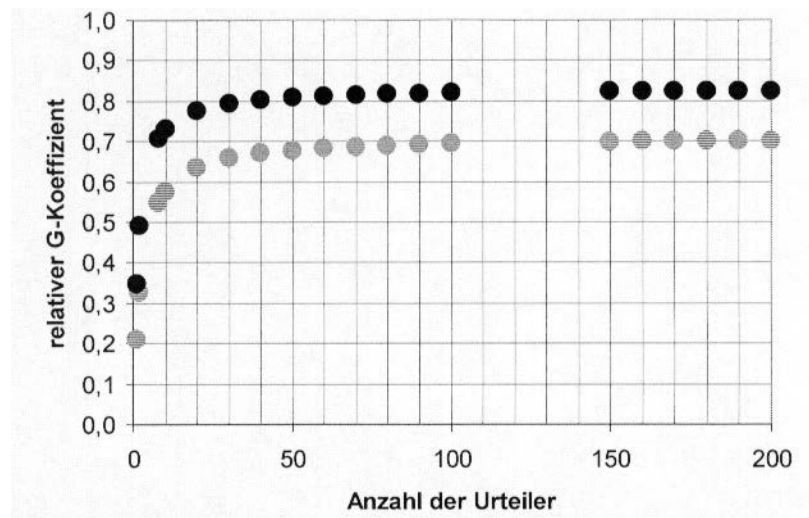
Varianzquelle	df	Mittlere Quadratsumme	Varianzkomponente σ^2	Varianzanteil (%)
Versuchsbedingung (S)	3	440,10	8,65	5,2
Lärmempfindlichkeit (L)	1	663,06	11,29	6,7
Personen:SL	56	124,09	124,09	74,7
S*L	3	301,89	22,19	13,4

Auch hier geht mit 75 % der größte Varianzanteil auf den Faktor Personen zurück. Die Varianzanteile für die Faktoren Schallbedingung und Lärmempfindlichkeit haben ebenfalls - mit einem Varianzanteil von 5 bzw. 7 % - substanziellen Einfluss auf die Lästigkeitseinschätzungen. Die 13 % der Varianz aufklärende Interaktion S * L belegt, dass beide Faktoren jeweils mit spezifischen Wirkungen verbunden sind. Die gewonnenen Befunde demonstrieren, dass die Lärmempfindlichkeit bei D-Studien als Fehlerfacette mit einzubeziehen ist.

4. Ergebnisse der D-Studien

Die im Anschluss vorgenommene Zuverlässigkeitsbestimmung basiert auf den in der G-Studie für die einzelnen Faktoren und deren Interaktionen ermittelten Varianzkomponentenschätzungen. Die Bewertung einer Lärmsituation nach Bearbeitung der leichten GRT-Aufgaben durch eine Person einer Lärmsensitivitätsgruppe erreicht mit einem relativen G-Koeffizienten (ρ^2) von 0,21 ein die nach DIN EN ISO 10075-3 für Orientierungsmessungen empfohlene Mindestreliabilität ($0,7 \leq \rho^2 < 0,8$) deutlich unterschreitendes Niveau (vgl. Abbildung 1), das erst bei einem Stichprobenumfang von 180 Urteilern den Grenzwert von 0,70 überschreitet. Durch eine weitere Vergrö-

ßung des Probandenkollektivs lässt sich jedoch die für ein Screening ($0,8 \leq \rho^2 < 0,9$) oder eine Präzisionsmessung ($0,9 \leq \rho^2$) erforderliche Reliabilität nicht erreichen, da der auf die Interaktion $S * L$ zurückgehende Fehlervarianzanteil so nicht zu vermindern ist. Basiert die Messung der Lästigkeit dagegen auf zwei Lärmsensitivitätsgruppen mit jeweils einem Urteiler resultiert eine leicht höhere Reliabilität von 0,35 (ρ^2). Eine für Orientierungsmessungen ausreichende Zuverlässigkeit ist durch eine Erhöhung auf 8 und eine den Anforderungen an ein Screening genügende Reliabilität durch eine Steigerung auf 40 Urteiler pro Gruppe zu erzielen, wobei noch größere Stichproben zu keiner substantziellen Veränderung des G-Koeffizienten führen.



Bei Berücksichtigung von zwei Sensitivitätsgruppen erhöht sich der G-Koeffizient zwar, bleibt jedoch auch bei einem Stichprobenumfang von 200 Personen pro Gruppe auf einem unzureichenden Niveau von 0,42.

Obwohl die Lästigkeitseinschätzungen bei Bearbeitung leichter GRT-Aufgaben bei einem Stichprobenumfang von 8 Urteiler je Sensitivitätsgruppe die Mindestreliabilität von $p^2=0,70$ erreichten, so gelingt eine statistisch zu sichernde Trennung der Kontroll- von der höchsten Maximalpegelbedingung nicht, da die Differenz der zwei Mittelwerte ($30,06 - 14,69 = 15,37$) kleiner ist, als das Zweifache des zugehörigen Konfidenzintervalls ($p=0,05$), das einen Wert von 18,2 ($2 * 9,10$) annimmt.

Eine überzufällige Differenzierung der beiden Schallszenarien verlangt einen deutlichen größeren Messaufwand, nämlich insgesamt 308 Urteiler, d.h. 154 Personen pro Gruppe, da sich dann ein Konfidenzintervall von 7,60 einstellt.

Die nach Durchführung der schweren GRT-Aufgaben erhaltenen Lästigkeitsratings erlauben – selbst bei einem gegen unendlich strebenden Stichprobenumfang – keine gegen den Zufall zu sichernde Trennung der beiden Schallszenarien (Mittelwert der Kontrollbedingung=15,94; Mittelwert der Bedingung $L_{\max}+13$ dB(A)=27,88), da der durch die Lärmempfindlichkeit und die Interaktion $S * L$ bedingte Fehleranteil durch eine Vergrößerung des Urteilerkollektivs nicht weiter zu reduzieren und damit ein Konfidenzintervall von 5,5 grundsätzlich nicht erreichbar ist.

5. Diskussion

Allgemein hängt die Möglichkeit, die Wirkung einer interessierenden Einflussgröße – wie hier der Schallbedingungen auf die wahrgenommene Lästigkeit – im Rahmen einer experimentellen Studie nachzuweisen, von der Präzision der Untersuchung, also der Variabilität des Versuchsfehlers ab (Lienert & Orlik 1966). Dementsprechend wurde die Lärmsensitivität – neben den Personen - als eine wesentliche, das Lästigkeitsurteil prägende Variable mit erhoben und in die Auswertung einbezogen. Die Ratingwerte unterliegen – wie die Varianzkomponentenschätzungen belegen – sowohl nach Durchführung der leichten als auch schweren GRT-Aufgaben erheblichen Störeinflüssen, die 81 bzw. 95 % der Varianz aufklären. Damit erlauben an einer einzelnen Person vorgenommene Messungen keine Aussagen über die Wirkung derartiger Verkehrslärmszenarien. Interpretierbar sind nur auf Basis größerer Stichproben gewonnene Ergebnisse, wobei der entstehende Aufwand unter dem Gesichtspunkt der Messökonomie nicht unproblematisch erscheint. Eine mögliche Ursache für die vergleichsweise kleinen, durch die Schallbedingungen bedingten Effekte kann darin liegen, dass die realisierten Pegel sich an den für geistige Arbeit empfohlenen Grenzwerten orientierten (VDI 2058, Bl.3).

6. Literatur

1. Cronbach, L.J. & Shavelson, R.J. 2004, My current thought on coefficient alpha and successor procedures, *Educational and Psychological Measurement*, 64, 391-418.
2. Guski, R. 1999, Personal and social variables as co-determinants of noise annoyance, *Noise & Health*, 3, 45-56.
3. ISO/TS 15666:2003, Acoustics - Assessment of noise annoyance by means of social and socio-acoustic surveys. Genf: International Organization for Standardization.
4. ISO 10075-3:2004, Ergonomic principles related to mental workload - Part 3: Principles and requirements concerning methods for measuring and assessing mental workload. Genf: International Organization for Standardization.

5. Job, R.F.S. 1999, Noise sensitivity as a factor influencing human reactions to noise, *Noise & Health*, 3, 57-68.
6. Landesanstalt für Umweltschutz Baden Württemberg (LUBW) 2004, Lärm bekämpfen – Ruhe schützen. Karlsruhe: Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg.
7. Lienert, G.A. & Orlik, P. 1966, Eine Maßzahl zur Bestimmung der Präzision psychologischer Planversuche, *Zeitschrift für Psychologie*, 172, 203-216.
8. Mann, H. U., Ratzenberger, R., Schubert, M., Kollberg, B., Gresser, K., Konanz, W., Schneider, W., Platz, H., Kotzagiorgis, S. & Tabor, P. 2001, Verkehrsprognose 2015 für die Bundesverkehrswegeplanung. Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen.
9. Schütte, M., Marks, A., Wenning, E. & Griefahn, B. 2007, The development of the noise sensitivity questionnaire, *Noise & Health*, 9, 15-34.
10. Shavelson, R.J. & Webb, N. 1991, *Generalizability Theory – A Primer*. Newbury Park: Sage.
11. Shingledecker, C. A. 1984, A task battery for applied human performance assessment research. Ohio: Air Force Aerospace Medical Research Laboratory.
12. VDI 2058 Blatt 3:1999-02, Beurteilung von Lärm am Arbeitsplatz unter Berücksichtigung unterschiedlicher Tätigkeiten. Berlin: Beuth

Zur Wirkung unterschiedlich unangenehmer Fluggeräusche während simulierter Schichtarbeit

Barbara GRIEFAHN und Peter Bröde

*Institut für Arbeitsphysiologie an der Universität Dortmund,
Ardeystr. 67, D-44139 Dortmund*

Kurzfassung: Im Rahmen einer Schichtarbeitsuntersuchung wurde bei 48 Probanden die Lästigkeit zweier mehr oder weniger unangenehm empfundener Überfluggeräusche auf Leistung, Befinden und Herzschlagfrequenz untersucht. Die Lästigkeit zeigte einen schnellen Gewöhnungseffekt. Die Leistung war nur unter der direkten Einwirkung von Fluglärm verlangsamt und die Herzschlagfrequenz zeigte bei mentaler Belastung eine deutlich stärkere Reaktion als in der arbeitsfreien Pause.

Schlüsselwörter: Fluglärm, Lästigkeit, Leistung, Herzschlagfrequenz.

1. Einleitung

Lästigkeit ist die statistisch dominierende Lärmwirkung. Sie resultiert im Wesentlichen aus der Störung aktueller Tätigkeiten, z.B. der Kommunikation, des Schlafes und der kognitiven Leistung. Deshalb sind valide Vorhersagen über die Lästigkeit auf der Basis psychoakustischer Bewertungen einzelner Geräusche oder Szenarien nicht möglich. Laborexperimentell sind zur Beurteilung von Geräuschen daher Beobachtungen über mehrere Tage unerlässlich (Fields 1993).

Ziel der Untersuchung war es, Fluggeräusche, die in psychoakustischen Untersuchungen als mehr oder weniger unangenehm eingestuft worden waren, im Rahmen mehrtägiger experimenteller Arbeitsschichten hinsichtlich ihrer Wirkung auf kognitive Leistungen und physiologische Funktionen sowie auf das subjektive Befinden (Lästigkeit) zu untersuchen. Diese Untersuchungen waren eingebunden in das von der europäischen Gemeinschaft geförderte Projekt 'Sound Engineering for Aircraft' (SEFA), in dem die lästigen Komponenten gegenwärtig verkehrender Fluggeräte identifiziert werden sollten, um diese bei weiteren Entwicklungen im Sinne einer besseren Akzeptanz des Flugverkehrs zu vermeiden.

2. Methoden

2.1 Probanden

An der von der Ethikkommission genehmigten Untersuchung beteiligten sich 48 gesunde und normal hörende Männer im Alter von 18 bis 33 Jahren.

2.2 Experimentelles Design

Die Probanden (Pbn) absolvierten in je zwei aufeinander folgenden Wochen je drei 8-stündige experimentelle Arbeitsschichten. In der ersten Woche arbeiteten alle Pbn in einer 'Spätschicht' von 14 bis 22 Uhr. In der zweiten Woche arbeiteten 24 Pbn

wiederum in Spätschichten, die anderen 24 Pbn in Nachtschichten von 23 bis 7 Uhr.

Sowohl in der ersten als auch in der zweiten Woche wurden jeweils drei hinsichtlich ihrer Abfolge systematisch permutierte Geräuschsituationen realisiert. Dies war eine Referenzsituation mit einem Rosa Rauschen und einem äquivalenten Pegel von $L_{Aeq} = 32$ dB. In den beiden anderen Schichten wurden insgesamt 80 eher unangenehme oder eher angenehme Überflugeräusche mit Maximalpegeln von $L_{Amax} = 72$ dB in zufällig gewählten Abständen zwischen 2 und 10 Minuten eingespielt. Die äquivalenten Pegel betrugen unter Einwirkung von Fluglärm $L_{Aeq} = 50$ dB.

Während der Arbeitsschicht bearbeiteten die Probanden alle 2 Stunden schwierige Rechenaufgaben bzw. einen Grammatical Reasoning Test. Die Lästigkeit der Überflugeräusche wurde stündlich mit international standardisierten Skalen eingeschätzt (ISO/TS 15666).

Zu jeder vollen Stunde wurde eine Speichelprobe genommen, aus der die Cortisolkonzentration bestimmt wurde. Während der gesamten Schichtzeit wurde das EKG zur Bestimmung der Herzschlagfrequenz abgeleitet.

3. Ergebnisse

3.1 Leistung

Gemittelt über die gesamte Arbeitsschicht war die Leistung in beiden Tests in der zweiten Woche bezüglich der Bearbeitungszeit, im Rechentest auch bezüglich der Fehlerrate signifikant besser, wobei die zeitliche Lokalisation der Arbeitsschicht (tags, nachts) keine Rolle spielte, ebenso wenig wie die im psychoakustischen Test vorab bestimmte (Un-)Angenehmheit der Überflugeräusche.

Jeder Leistungstest bestand aus 24 Einzelaufgaben. Da der Abstand zwischen den Überflügen 2-10 Minuten betrug, mussten nur einzelne Aufgaben unter der direkten Einwirkung von Lärm durchgeführt werden. Die hierauf fokussierte ereigniskorrelierte Analyse ergab für diesen Fall und beide Aufgabenarten eine signifikant längere Bearbeitungszeit, während die Fehlerrate unbeeinflusst blieb (Abbildung 1). Auch hier spielten die Lokalisation der Schicht und die (Un-)Angenehmheit der Überflugeräusche keine Rolle.

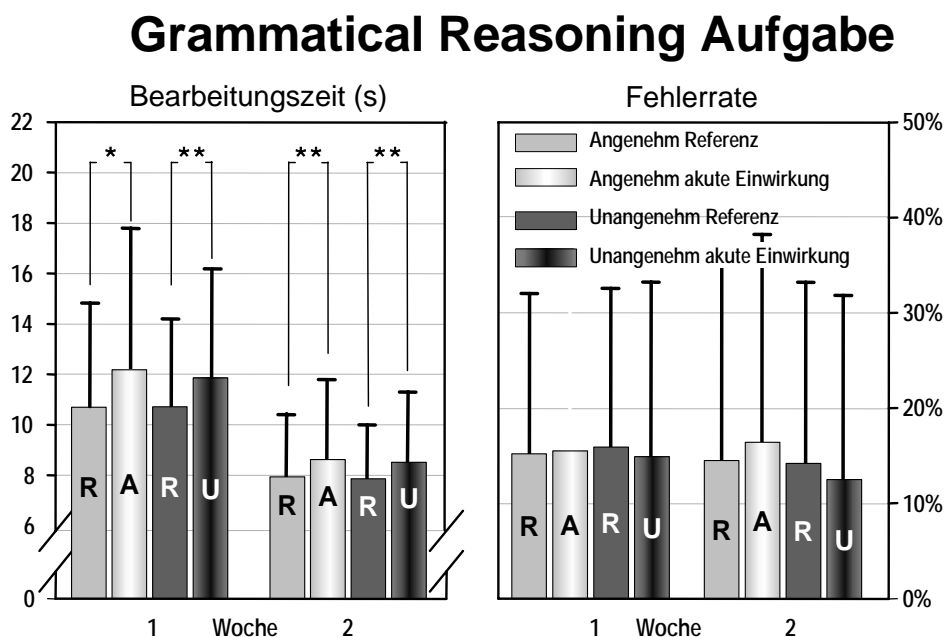


Abbildung 1: Beeinträchtigung der Leistung einzelner Aufgaben bei einzelnen Überflügen

3.2 Lästigkeit

Die Lästigkeit des Fluglärms wurde für die gesamte Arbeitsschicht, die Pausen und die Zeit, in der die Leistungstests bearbeitet wurden berechnet. In der ersten Woche war die Lästigkeit des eher unangenehmen Geräusches gemittelt über die gesamte Schicht signifikant höher als unter Einwirkung des eher angenehmen Fluglärms. Der Unterschied zwischen den beiden Geräuscharten war aber nur in den arbeitsfreien Pausen signifikant, nicht aber während der Bearbeitung der kognitiven Tests. Diese Unterschiede waren in der zweiten Woche unabhängig davon, ob am Tage oder in der Nacht gearbeitet wurde, nicht mehr nachzuweisen (vgl. Abbildung 2).

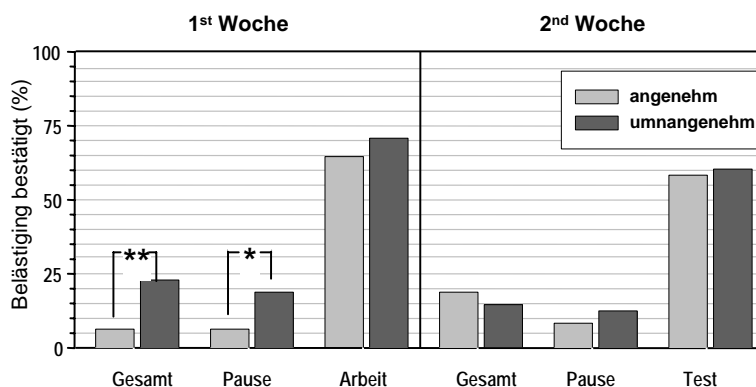


Abbildung 2: Lästigkeit angenehmer und unangenehmer Fluggeräusche während mentaler Anspannung und in arbeitsfreien Pausen

3.3 Wirkung des Fluglärms auf die Herzschlagfrequenz unter Einwirkung der beiden Überflugergeräusche

Während der Überflüge kam es zu einem ca. 6 s dauernden mäßigen Abfall der Herzschlagfrequenz, auf die eine ca. 30 s dauernde Zunahme über den prästimulatorischen Ausgangswert folgte. Das Ausmaß der initialen Verlangsamung und der nachfolgenden Beschleunigung war von der aktuellen Tätigkeit bestimmt. In Ruhe waren die bradykarden ebenso wie die tachykarden Änderungen deutlich geringer ausgeprägt als bei der Bearbeitung der Testaufgaben. Die Cortisolkonzentrationen waren von der Einwirkung des Fluglärms nicht beeinflusst.

4. Diskussion

4.1 Leistung

In der zweiten Woche war die Bearbeitungszeit beider Aufgabenvarianten infolge eines Lerneffekts kürzer und die Fehlerrate geringer als in der ersten Woche.

Weder die Einwirkung von Lärm an sich noch die Art des Fluglärms oder die zeitliche Lokalisation der Arbeitsschicht wirkten sich auf die qualitativen und quantitativen Parameter der Leistung insgesamt aus.

Demgegenüber ergab die ereigniskorrelierte Auswertung eine während des Überflugs bei beiden Aufgabenarten signifikant verlängerte Bearbeitungszeit. Es ist deshalb davon auszugehen, dass die Leistung bei höherer Verkehrsdichte, die alle 2 Minuten einen Überflug zulässt, in einem durchaus relevanten Ausmaß beeinträchtigt sein wird, insbesondere dann, wenn anstrengende mentale Tätigkeiten über die gesamte Arbeitsschicht zu verrichten sind.

4.2 Lästigkeit

In der ersten Woche verursachten die psychoakustisch eher unangenehm bewerteten Geräusche ein stärkeres Lästigkeitsempfinden, das in der zweiten Woche wohl wegen eines Gewöhnungseffekts nicht mehr nachweisbar war. Das Lästigkeitsempfinden war während mentaler Anspannung deutlich höher als in den Pausen. Die Probanden konnten dann aber möglicherweise wegen erhöhter Konzentration nicht mehr zwischen den Geräuschen differenzieren.

4.3 Physiologische Reaktionen

Die über die gesamte Arbeitsschicht gemittelten Herzschlagfrequenzen waren durch die Lärmbelastung nicht beeinflusst, während die unmittelbare Einwirkung des Fluglärms eine initiale Verlangsamung und eine nachfolgende 30 s dauernde Beschleunigung bewirkte. Während der Durchführung einer Testaufgabe fielen diese Änderungen deutlich stärker aus. Die mentale Anspannung ist bei Lärmeinwirkung daher mit höheren physiologischen Kosten verbunden.

Solche kardialen Reaktionen sind gewöhnungsresistent und spielen mutmaßlich in der Genese multifaktorieller chronischer Herzkreislauferkrankungen eine Rolle. Andererseits zeigte sich in den gleichen Untersuchungen keine Zunahme der Cortisolproduktion, was dieser Vermutung widerspricht.

5. Schlussfolgerung

Ein wesentliches Ziel des SEFA Projekts war die Identifizierung unangenehmer Geräuschkomponenten, um diese gezielt im Sinne einer höheren Akzeptanz des Fluglärms zu reduzieren. Deshalb waren bei diesen Langzeitversuchen entweder eher unangenehme und eher angenehme Überfliegergeräusche appliziert worden. Zwischen denen in der zweiten Woche keinerlei Unterschiede mehr nachweisbar waren. Dies bestätigt die Ergebnisse der psychoakustischen Tests, mit denen nur mäßige Differenzen zwischen den Geräuschen ermittelt werden konnten [Griefahn & Muzet 1978; Muzet 1983].

6. Literatur

1. Fields, J.M. 1993, Effect of personal and situational variables on noise annoyance in residential areas, *Journal of the Acoustical Society of America*, 93, 2753-2763.
2. Griefahn, B. & Muzet, A. 1978, Noise-induced sleep disturbances and their effects on health. Workshop 'Medical Effects of Environmental Noise Exposure', Gothenburg, Sweden, April 20-22, 1977, *Journal of Sound and Vibration*, 59, 99-106.
3. ISO/TS 15666: 2003, Akusti – Beurteilung der Belästigung durch Lärm mittels sozialer und sozioakustischer Befragungen. Berlin: Beuth.
4. Miedema, H.M.E. & Oudshoorn, C.G.M. 2001, Annoyance from transportation noise: Relationships with exposure metrics DNL and DENL and their confidence intervals, *Environmental Health Perspectives*, 109, 409-416.
5. Muzet, A. 1983, Research on noise-disturbed sleep since 1978. In: G. Rossi (Edt.), *Noise as a Public Health Problem*. Milano: Edizioni Tecniche a cura del Centro Ricerche e Studi Amplifon, 883-893.

Forschungsverbund 'Leiser Verkehr' **Ergebnisse der Lärmwirkungsforschung**

Barbara GRIEFAHN, Anke MARKS und Martin SCHÜTTE

*Institut für Arbeitsphysiologie an der Universität Dortmund,
Ardeystr. 67, D-44139 Dortmund*

Kurzfassung: Lärm wird als gravierende Beeinträchtigung der Lebensqualität empfunden und steht in Verdacht, langfristig zur Entwicklung kardiovaskulärer Erkrankungen beizutragen. In vielen Bereichen ist die Lärmbelastung schon außerordentlich kritisch, so dass Lärm-minderungsmaßnahmen zu entwickeln und zu etablieren sind. Da sich aus den Ergebnissen der bisherigen Lärmwirkungsforschung häufig keine gezielten Lärmbekämpfungsmaßnahmen ableiten lassen, ist es unerlässlich, dass Lärmwirkungsforscher gemeinsam mit Technikern solche Maßnahmen erarbeiten.

Schlüsselwörter: Lärmwirkungsforschung, Lärmbekämpfung, Verbundprojekte.

1. Einleitung

Angesichts der weiterhin ansteigenden Verkehrsdichte, die insbesondere den Güterverkehr betrifft und sich vor allem auf die Abend- und die Nachtstunden ausdehnt, ist es unerlässlich, Lärmbekämpfungsmaßnahmen zu entwickeln und einzuleiten. Seit dem Ende der 50er Jahre wurden die Wirkungen des Lärms intensiv erforscht. Lärm beeinträchtigt die Kommunikation, den Schlaf und vegetative Funktionen ebenso wie die kognitive Leistung. Daraus resultiert die Belästigung, die als gravierende Beeinträchtigung der Lebensqualität erlebt wird. Im Laufe langjähriger Lärmexpositionen ist darüber hinaus nicht auszuschließen, dass der Lärm zur Genese unspezifischer chronischer Erkrankungen beiträgt (Babisch 2006).

Von Seiten der Lärmwirkungsforschung wird zwar seit langem gefordert, die Lärmbelastung sowohl am Arbeitsplatz als auch in der Umwelt zu senken. Obwohl in den letzten Jahrzehnten wertvolle Erkenntnisse über die Vielfalt und die Mechanismen der Lärmwirkungen sowie Dosis-Wirkungsbeziehungen erarbeitet werden konnten, lassen sich aus diesen Ergebnissen meist keine effektiven Maßnahmen zur Lärminderung ableiten. So hat sich beispielsweise gezeigt, dass tieffrequente Geräusche selbst im Schlaf stärkere Reaktionen hervorrufen als höher frequente Geräusche. Die daraus resultierende Annahme, dass die selektive Dämmung tiefer Frequenzen in breitbandigen Geräuschen (Schienen- und Straßenverkehrsgeräusche) eine Reduktion der Störungen bewirkt, hat sich jedoch nicht bestätigt. Die Lärmwirkungsforschung hat daher im Rahmen größerer Verbundprojekte in Kooperation mit Technikern und Verkehrsplanern auf die Lärmbekämpfung fokussierte Untersuchungen durchzuführen und diejenigen Kenntnisse zu erarbeiten und bereitzustellen, die zur gezielten Minderung der Lärmemission genutzt werden können.

Priorität hat hierbei die quellenorientierte Lärmbekämpfung. Diese führt jedoch erst mittelfristig zu vollem Erfolg, da Fluggeräte und Schienenfahrzeuge 30 bis sogar 40 Jahre verkehrstauglich sind, während die Lebensdauer von Straßenfahrzeugen im Mittel 8-10 Jahre beträgt. Daher müssen diese quellenorientierten Maßnahmen durch

operationelle Verfahren mit kurzfristiger Entlastung ergänzt werden.

Im Rahmen des Forschungsverbundes 'Leiser Verkehr' und der von der EU geförderten Projekte SEFA und SILENCE konzentrierte sich die Arbeit der Lärmwirkungsforschung u. a. (1) auf die Bewertung einzelner sowie (2) kombiniert einwirkender Verkehrslärmarten, (3) auf die tageszeitlich variierende Lärmempfindlichkeit, (4) auf die Bedeutung der Frequenzen, (5) auf die Wirkung unterschiedlicher Überflugeräusche, (6) auf Leistung und Befinden unter Einwirkung verschiedener nach Verkehrsfluss und Zusammensetzung unterschiedlicher Bodenverkehrsszenarien.

2. Methoden

Die einzelnen Fragestellungen wurden mit unterschiedlichem methodischem Ansatz laborexperimentell sowie in Feldstudien bearbeitet. Kriterien der Lärmbewertung waren die Lästigkeit einzelner Geräusche bzw. kurz dauernder Szenarien, die bei längerfristiger Einwirkung entstehende Belästigung exponierter Anwohner, die kognitive Leistung bei Erwachsenen und bei Kindern, die Sprachverständlichkeit sowie das Schlafverhalten unter Einwirkung von Lärm. Hierzu wurden im Wesentlichen international anerkannte und etablierte Methoden angewendet.

3. Ergebnisse

3.1 Bewertung unterschiedlicher Verkehrslärmarten

Im Rahmen einer Feldstudie, einer Online-Befragung in mehreren Ländern und Städten der Europäischen Union sowie in einer laborexperimentellen Studie zur Lästigkeit durch Schienen- und Straßenverkehr bestätigte sich der 'Schienenbonus', d. h. eine bei gleichem äquivalenten Pegel geringere Lästigkeit des Schienenverkehrs, der in mehreren Ländern an Schienenwegen einen höheren äquivalenten Pegel als an der Straße erlaubt. Dieser Bonus bestätigte sich auch in einer laborexperimentellen Untersuchung, in der das Geräusch eines Busses bzw. einer Straßenbahn in regelmäßigen zeitlichen Intervallen zu einem komplexen Straßenverkehrsgeräusch hinzu gemischt worden war. Dieses Ergebnis ist für die Stadtplanung relevant (Sandrock et al. 2008).

Bezüglich des Schlafverhaltens bestätigte sich der Schienenbonus jedoch nicht. Untersuchungen, in denen Schienen-, Straßen- und Luftverkehrslärm mit gleichen äquivalenten Pegeln und gleichen Maximalpegeln (jedoch unterschiedlicher Häufigkeit) appliziert wurden, ergaben die größte Aufwachwahrscheinlichkeit und die stärksten strukturellen Änderungen des Schlafs, wenn Schienenverkehrsgeräusche einwirkten (Griefahn et al. 2006).

Eine detaillierte Analyse der Aufwachreaktionen unter Berücksichtigung mehrerer physikalischer und situativer Parameter ergab Hinweise auf mögliche technische und operationelle Ansätze der Lärmbekämpfung (Marks et al. 2008). Abbildung 1 zeigt für vier physikalische Parameter mögliche Ansätze einer Lärmreduktion.

Abgesehen vom Maximalpegel der einzelnen Geräusche war für die ereigniskorrelierte Aufwachwahrscheinlichkeit insbesondere die Pegelanstiegszeit von Bedeutung. Darüber hinaus führten länger andauernde Geräusche zu einer höheren Aufwachwahrscheinlichkeit. Neben der Dauer spielt wahrscheinlich die noch zu untersuchende akustische Mikrostruktur eine Rolle. Letztere kommt vor allem bei Güterzügen

zum Tragen und resultiert hier aus den Abständen zwischen den einzelnen Wagen und Rädern sowie aus den unterschiedlichen Höhen der einzelnen Wagen. Ähnliches gilt für Lkws mit Anhänger. Bedeutsam sind weiterhin die lärmfreien Intervalle; je länger der Abstand zwischen zwei Schallereignissen ist, desto wahrscheinlicher wird eine Aufwachreaktion.

	Tech.	Verkehrsmanagement			
	Technik	Geschw.	V-Fluss	Verhalten	
Maximalpegel	x	x		x	
Pegelanstiegszeit	x	x		x	
Vorbeifahrtdauer	x				zeitliche Mikrostruktur
Lärmfreie Intervalle		x	x		zeitliche Makrostruktur

Abbildung 1: Beeinflussung physikalischer Faktoren durch Technik, Geschwindigkeitsbegrenzungen, Verkehrsfluss und Verhalten zur Reduktion lärmbedingten Aufwachens

Abbildung 1 zeigt, dass Lärminderungen durch Reduktion der Maximalpegel und der Pegelanstiegszeit sowohl technisch als auch durch Geschwindigkeitsbegrenzungen und durch persönliches Verhalten erzielt werden können. Bezüglich der Vorbeifahrtdauer spielt die Mikrostruktur, die durch technische Maßnahmen manipuliert werden kann, eine entscheidende Rolle. Die lärmfreien Intervalle lassen sich hingegen am besten durch einen gleichmäßigen Verkehrsfluss beeinflussen.

Unter den situativen Einflussfaktoren ist vor allem die verstrichene Schlafzeit entscheidend. Die Aufwachwahrscheinlichkeit ist in der zweiten Hälfte der Nacht deutlich höher als im ersten Teil.

3.2 Temporäre Verkehrsruhe

Aus dem zuletzt genannten Ergebnis ließe sich folgern, dass eine selektive auf einige Stunden begrenzte Verkehrsberuhigung in den letzten Nachtstunden stattfinden sollte, um Häufigkeit und Ausmaß lärmbedingter Schlafstörungen zu reduzieren. Da die Reaktion auf einzelne Geräusche aber immer auch von der Reaktion auf vorhergehende Geräusche bestimmt ist, setzt eine solche Maßnahme gezielte Untersuchungen in einem eigenen experimentellen Ansatz voraus. Entsprechende Untersuchungen bestätigten die Vermutung, dass eine temporäre Verkehrsruhe nur am Ende der Nacht sinnvoll ist. Lärmeinwirkungen zu Beginn des Schlafes bewirken zwar moderate Störungen des Einschlafprozesses, die in der nachfolgenden Ruheperiode jedoch vollständig kompensiert werden. Die Dauer der einzelnen Schlafstufen ist dann ebenso wenig verändert wie die Bewertung der Schlafqualität. Demgegenüber bewirkt eine Ruhephase zu Beginn der Nacht keine Verbesserung des Einschlafverhaltens, während die nachfolgende Lärmbelastung ausgeprägte Störungen des Schlafes verursacht (Griefahn et al. 2008).

3.3 Variation der Lärmempfindlichkeit am Tage

Im Rahmen einer Feldstudie durchgeführte Interviews ergaben für den Straßen-

verkehr zwei Gipfel erhöhter Belästigung, in den frühen Morgenstunden und am späten Nachmittag bzw. am frühen Abend (Schreckenberg et al. 2006). Diese Spitzen korrelieren zwar mit der Verkehrsdichte, sind jedoch für jede Pegelklasse nachzuweisen. Beim Schienenverkehr ist die Empfindlichkeit während des ganzen Tages auf einem im Vergleich zum Straßenverkehr eher niedrigen Niveau, steigt in der Zeit von 20-22 Uhr aber an. Die dann erhöhte Empfindlichkeit fällt mit der abendlichen Fernsehzeit zusammen und ist wohl dadurch bedingt, dass die Lautstärke von Radio und Fernsehen ständig verändert werden muss. Die Einregulierung der Lautstärke ist jedoch problematisch. Der für Vorbeifahrten erforderliche Pegel ist in den lärmfreien Intervallen wesentlich zu laut und damit lästig.

3.4 Wirkung unterschiedlicher Frequenzen

Zur Frage der Wirkung tiefer Frequenzen, denen ein besonderes Störpotenzial zugeschrieben wird, wurden psychoakustische Tests, Leistungsuntersuchungen bei Kindern und Erwachsenen sowie Untersuchungen des Schlafverhaltens durchgeführt. Dazu wurden sowohl Originalaufnahmen von Schienen- und Straßenverkehrsgeräuschen als auch deren im Frequenzbereich < 500 bzw. < 200 Hz um 12 dB gedämmte Derivate appliziert. Trotz der hohen Dämmung ergaben sich insgesamt nur marginale Verbesserungen, die die Forderung nach der forcierten Dämpfung tiefer Frequenzen nicht rechtfertigen. Demgegenüber war die Lästigkeit der einwirkenden Geräusche deutlich geringer, wenn die Verkehrsgeräusche im Bereich hoher Frequenzen gedämmt wurden (Straßenverkehr > 500 Hz, Schienenverkehr > 1600 Hz). Hier besteht offensichtlich ein Lärminderungspotenzial, das weitere gezielte Untersuchungen erfordert.

3.5 Lästigkeit einzeln und kombiniert einwirkender Straßen- und Schienenverkehrsgeräusche

Zur Bewertung kombinierter Belastungen durch Schienen- und Straßenverkehrslärm wurde ein Prognosemodell entwickelt, dass zunächst für den fließenden Verkehr gilt und für die Bewertung weiterer, sehr unterschiedlicher Geräuschsituationen weiterentwickelt werden muss.

4. Literatur

1. Babisch, W. 2006, Transportation noise and cardiovascular Risk. Review and synthesis of epidemiological studies. Dose-effect curve and risk estimation, WaBoLu-Hefte 01/06.
2. Griefahn, B., Marks, A. & Robens, S. 2008, Experiments on the time frame of temporally limited traffic curfews to prevent noise induced sleep disturbances, *Somnologie*, im Druck.
3. Marks, A., Griefahn, B. & Basner, M. 2008, Event-related awakenings caused by nocturnal transportation noise, *Journal of Noise Control Engineering*, im Druck.
4. Sandrock, S., Griefahn, B., Kaczmarek, T., Hafke, H., Preis, A. & Gjestland, T. 2008, Experimental studies on annoyance caused by noises from trams and buses, *Journal of Sound and Vibration*, doi: 10.1016/j.jsv.2007.12.003.
5. Schreckenberg, D. & Meis, M. 2006, Effects of Aircraft Noise on Noise Annoyance and Quality of Life around Frankfurt Airport. Final abridged report. Bochum: ZEUS GmbH. (Retrieved May 20th 2007, <http://www.verkehrslaermwirkung.de>).

Effiziente Berechnung des klimatischen Belastungs-Index UTCI

Peter BRÖDE¹, Bernhard KAMPMANN², George HAVENITH³, Gerd JENDRITZKY⁴
und COST 730 Working Group 1⁵

¹ *Institut für Arbeitsphysiologie an der Universität Dortmund,
Ardeystraße 67, D-44139 Dortmund*

² *Fachgebiet Arbeitsphysiologie, Arbeitsmedizin und Infektionsschutz,
Fachbereich D, Bergische Universität Wuppertal*

³ *Environmental Ergonomics Research Group, Department of Human Sciences,
Loughborough University, UK*

⁴ *Meteorologisches Institut, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg*

⁵ *<http://www.utci.org/cost.php>*

Kurzfassung: Zur Bewertung klimatischer Belastungen wird derzeit mit EU-Fördermitteln der auf komplexen thermophysiologischen Modellen beruhende Index UTCI entwickelt. Zu dessen schneller und Computer-Ressourcen schonender Berechnung wurden Algorithmen, die auf Wertetabellen basieren, implementiert. Die Verfahren erwiesen sich in Simulationsrechnungen hinsichtlich ihrer Genauigkeit und Geschwindigkeit als prinzipiell geeignet für biometeorologische Anwendungen, die im Fall von hoch aufgelösten Wettervorhersagen mehrere Millionen Index-Berechnungen pro Tag erfordern.

Schlüsselwörter: Hitze, Kälte, Modell, Thermophysiologie.

1. Einleitung

Vor dem Hintergrund zunehmend auftretender extremer Klimasituationen (Schär & Jendritzky 2004) fördert die EU im 7. Rahmenprogramm mit der COST Aktion 730 die Entwicklung des „Universal Thermal Climate Index“ (UTCI, Jendritzky et al. 2007) zur Bewertung klimatischer Belastungen. Dieser Index stellt eine Weiterentwicklung der „Gefühlten Temperatur“ (GT, Staiger et al. 1997) dar, wobei das darin verwendete Modell des thermischen Empfindens (Fanger 1972) durch ein physiologisches Modell der Wärmeregulation (Fiala et al. 2001) unter Berücksichtigung unterschiedlicher Bekleidungssituationen (Havenith et al. 2005) ersetzt wird (Abbildung 1).

Der bisherige Schwerpunkt der thermophysiologischen Arbeitsgruppe lag in der Validierung des verwendeten Wärmeregulationsmodells (Psikuta et al. 2007). Ein weiteres Ziel ist die Bereitstellung effizienter Berechnungsalgorithmen für den Routine-Einsatz in Wettervorhersagen, Hitzewarnsystemen, Analysen des jetzigen und zukünftigen Klimas in allen Skalen, d.h. im mikro- (urbanen), meso- (regionalen) und makro- (globalen) Bereich.

Die durch die Komplexität des verwendeten Modells bedingte lange Rechenzeit verhindert dessen direkten Einsatz bei der Berechnung des Index in den genannten Anwendungen, die etwa 20 Berechnungsanforderungen pro Sekunde zu bewältigen haben (Jendritzky 2007). Gegenstand dieses Beitrags ist die parallel zur Index-Entwicklung ablaufende Implementierung geeigneter Algorithmen, deren Genauigkeit und Ausführungsgeschwindigkeit am Beispiel des GT-Index untersucht wurden.

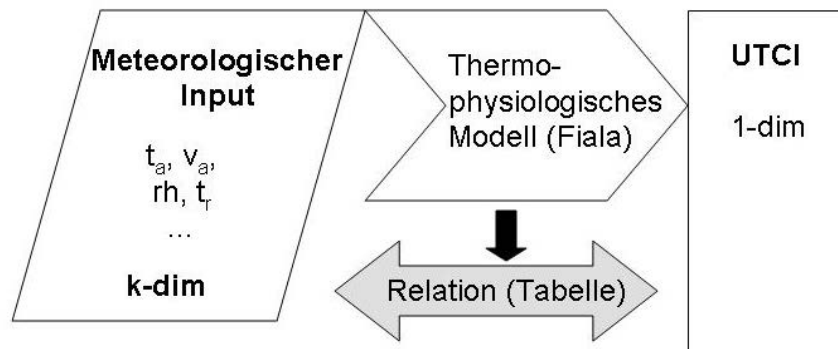


Abbildung 1: Schema zur Berechnung des UTCI aus den meteorologischen Eingabegrößen unter Verwendung des thermophysiologischen Modells

2. Methode

Die Implementierung basierte auf einer Wertetabelle des UTCI für ein Gitter zur Eingabe der Klimagrößen Lufttemperatur (t_a), mittlere Strahlungstemperatur (t_r), Luftgeschwindigkeit (v_a) und relativer Luftfeuchte (r_f) (Tabelle 1), wobei die Index-Werte für die Klimagrößen nur einmal mit dem Modell berechnet und bei späteren Anforderungen für die jeweilige Bedingung in der Tabelle nachgeschlagen wurden (Abbildung 1). Der schnelle Zugriff auf die Wertetabelle im Hintergrundspeicher (Festplatte) erfolgte über spezielle Adressberechnungen. Zur Kalkulation nicht tabellierter Zwischenwerte wurden zwei unterschiedliche Ansätze miteinander verglichen: (1) der Zugriff auf den, über die einzelnen Komponenten betrachtet, nächstgelegenen Gitterpunkt ohne weitere Interpolation; (2) ein lineares Interpolationsschema über die sechzehn benachbarten Gitterpunkte.

Da die Spezifikation des UTCI zum Zeitpunkt der Durchführung dieser Studie noch nicht abgeschlossen war, wurde die Werte-Tabelle für den GT-Index erstellt. In 50 Simulationsläufen mit jeweils 1000 Berechnungsanforderungen für zufällig generierte Eingabedaten wurden die dafür benötigte Prozessor (CPU)- und Gesamtzeit mit einem Software-Modul (Mitchell 1997), sowie die Genauigkeit durch Vergleich mit den per entsprechender Software berechneten GT-Funktionswerten ermittelt.

Die Simulationsrechnungen wurden in FORTRAN programmiert, mit einem quell-offenen Compiler übersetzt (Vaught 2006) und auf einem mit Microsoft® Windows® 2000 Professional als Betriebssystem ausgestatteten Desktop-PC (Intel® Pentium® III 1 GHz, 768 MByte RAM, 30 GByte ATA-Festplatte) durchgeführt.

Tabelle 1: Bereich und Schrittweite der Klimagrößen als Eingabevektor-Komponenten im Datengitter

Parameter	Minimum	Maximum	Schrittweite
t_a	-60 °C	+50 °C	0.5 °C
$t_r - t_a$	-20 °C	+40 °C	0.5 °C
v_a	0 m/s	30 m/s	0.5 m/s
r_f	0%	100%	1%

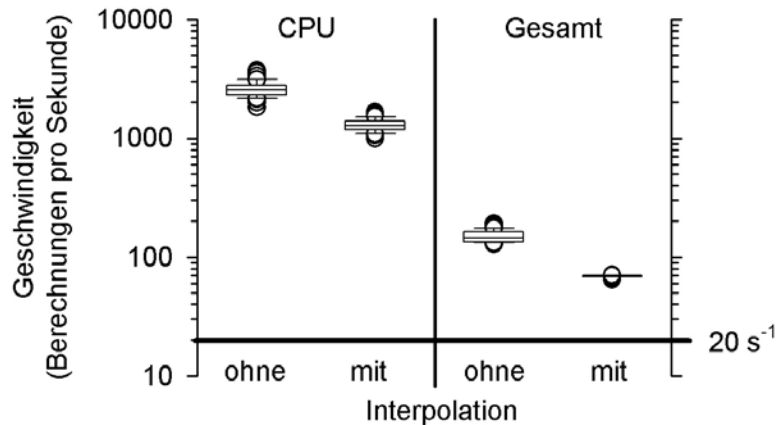


Abbildung 2: Box-Plots der aus der gemessenen CPU- und Gesamtzeit ermittelten Geschwindigkeit für 50 Läufe mit je 1000 simulierten Anfragen ohne und mit Interpolation

3. Ergebnisse

Abbildung 2 stellt die aus den Zeitmessungen errechneten Geschwindigkeiten als Berechnungen pro Sekunde dar. Alle registrierten Werte übertrafen die Mindestanforderung von 20 s^{-1} deutlich. Wie die im Vergleich zur Gesamtleistung um eine Größenordnung höheren Werte für die auf die CPU-Zeit bezogenen Geschwindigkeiten zeigen, belasteten beide Berechnungsmethoden die CPU nur geringfügig. Insgesamt liefen die Berechnungen ohne Interpolation im Mittel deutlich schneller (150 s^{-1}) als mit Interpolation (69 s^{-1}).

Die zur Beurteilung der Genauigkeit ermittelten Regressionsgeraden zwischen den direkt berechneten und aus der Tabelle abgelesenen Werten ergaben für beide Interpolationsansätze, bei sehr hoher Korrelation ($r^2 > 0.999$), eine fast perfekte Übereinstimmung mit der Identitätslinie ($y=x$).

Der Mittelwert der in Abbildung 3 gezeigten Fehler betrug praktisch 0. Jedoch war die Wurzel des mittleren Quadratfehlers als Maß der mittleren Abweichung ohne Interpolation mit 0.37 °C etwa dreimal größer als mit Interpolation (0.12 °C). Auch die maximalen absoluten Abweichungen, die insbesondere bei großer Kälte mit Temperaturen von etwa -50 °C auftraten, lagen ohne Interpolation mit 8 °C deutlich oberhalb der mit Interpolation zu beobachtenden Werte von 2 °C .

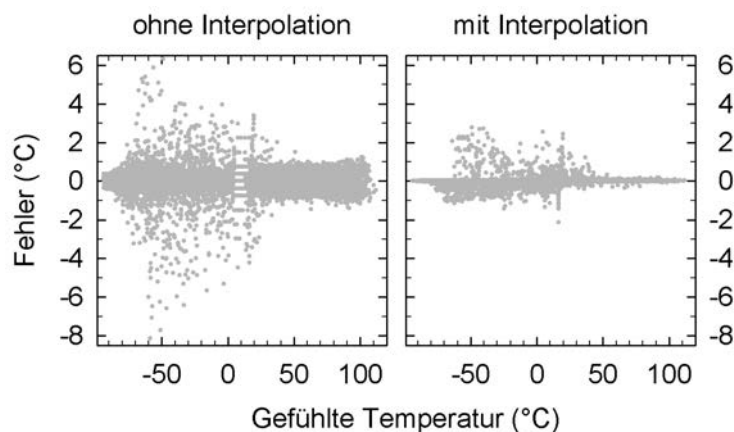


Abbildung 3: Abweichung der ohne (links) und mit Interpolation (rechts) ermittelten Tabellenwerte von den direkt berechneten Werten der Gefühlten Temperatur in 50000 Simulationen

4. Diskussion und Schlussfolgerung

Die Simulationsrechnungen zeigen den erwarteten Zielkonflikt zwischen den Anforderungen an Geschwindigkeit und Genauigkeit, wobei das Verfahren mit Interpolation über den gesamten Temperaturbereich wesentlich genauer, aber auch langsamer als der einfache Zugriff auf den nächstgelegene Gitterpunkt arbeitet.

Es bleibt jedoch festzuhalten, dass die Geschwindigkeitsvorgaben für beide Interpolationsansätze selbst mit dem nicht optimalen Testrechner erfüllt werden. Dieses exemplarisch für die „Gefühlte Temperatur“ ermittelte Resultat ist uneingeschränkt auf den UTCI übertragbar, da der Zeitbedarf für den Zugriff auf extern gespeicherte Zahlen nicht von deren Wert abhängt.

Dagegen erfordern die Genauigkeitsaussagen eine Verifikation nach Fertigstellung des UTCI. Dann sollen auch Regressionsansätze wie verallgemeinerte additive Modelle oder neuronale Netze (Venables & Ripley 2002) auf ihre Eignung zur UTCI-Berechnung ohne Rückgriff auf die etwa 1 GByte große Wertetabelle geprüft werden.

Insgesamt erscheinen die hier implementierten Verfahren geeignet, die gestellten Anforderungen an eine schnelle und effiziente Berechnung des UTCI zu erfüllen, ohne dass komplexere Ansätze, z.B. mehrdimensionale Suchbäume (Bentley 1979), ggf. in verteilten Datenbanken (Al-Furaih et al. 2000) benutzt werden müssen.

5. Literatur

1. Al-Furaih, I., Aluru, S., Goil, S. & Ranka, S. 2000, Parallel Construction of Multidimensional Binary Search Trees, *IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems*, 11, 136-148.
2. Bentley, J.L. 1979, Multidimensional Binary Search Trees in Database Applications, *IEEE Transactions on Software Engineering*, SE-5, 333-340.
3. Fanger, P.O. 1972, *Thermal Comfort*. New York: McGraw-Hill Book Co.
4. Fiala, D., Lomas, K.J. & Stohrer, M. 2001, Computer prediction of human thermoregulatory and temperature responses to a wide range of environmental conditions, *International Journal of Biometeorology*, 45, 143-159.
5. Havenith, G., Holmér, I., Meinander, H., den Hartog, E.A., Richards, M., Bröde, P. & Candas, V. 2005, THERMPROTECT. Assessment of thermal properties of protective clothing and their use. Summary Technical Report European Union Contract N°: G6RD-CT-2002-00846.
6. Jendritzky, G. 2007, Scientific Report. In: COST Domain Committee "ESSEM" (Ed.), COST 730 Monitoring Progress Report 06/02/2005 - 31/12/2006. Bruxelles: COST Office, 7-13.
7. Jendritzky, G., Havenith, G., Weihs, P., Batchvarova, E. & DeDear, R. 2007, The universal thermal climate index UTCI goal and state of COST action 730. In: I.B. Mekjavic, S.N. Kounalakis & N.A.S. Taylor (Eds.), *Environmental ergonomics XII, 12th International Conference on Environmental Ergonomics*. Ljubljana: Biomed, 509-512.
8. Mitchell, W.F. 1997, StopWatch User's Guide Version 1.0. NISTIR 5971 (http://math.nist.gov/stopwatch/user_guide.ps Abruf: 22.9.2007).
9. Psikuta, A., Fiala, D. & Richards, M. 2007, Validation of the Fiala model of human physiology and comfort for COST 730. In: I.B. Mekjavic, S.N. Kounalakis & N.A.S. Taylor (Eds.), *Environmental ergonomics XII, 12th International Conference on Environmental Ergonomics*. Ljubljana: Biomed, 516.
10. Schär, C. & Jendritzky, G. 2004, Climate change: hot news from summer 2003, *Nature*, 432, 559-560.
11. Staiger, H., Bucher, K. & Jendritzky, G. 1997, Gefühlte Temperatur. Die physiologisch gerechte Bewertung von Wärmebelastung und Kältestress beim Aufenthalt im Freien in der Maßzahl Grad Celsius, *Annalen der Meteorologie*, 33, 100-107.
12. Vaught, A. 2006, G95 Manual (<http://ftp.g95.org/G95Manual.pdf> Abruf: 22.9.2007).
13. Venables, W.N. & Ripley, B.D. 2002, *Modern Applied Statistics with S*. New York: Springer.

Hitzeakklimatisation und das Verhalten der Ruhewerte von Herzschlagfrequenz und Körperkerntemperatur

Peter BRÖDE¹, Bernhard KAMPMANN²,
Martin SCHÜTTE¹ und Barbara GRIEFAHN¹

¹ *Institut für Arbeitsphysiologie an der Universität Dortmund,
Ardeystraße 67, D-44139 Dortmund*

² *Fachgebiet Arbeitsphysiologie, Arbeitsmedizin und Infektionsschutz,
Fachbereich D, Bergische Universität Wuppertal*

Kurzfassung: Akklimatisation als Anpassungsreaktion des Körpers an wiederholte Hitzebelastung bewirkt am Expositions-Ende geringere Werte von Körpertemperatur und Herzschlagfrequenz. Die Analyse von Akklimatisationsreihen (WBGT = 33.5 °C) zeigt, dass diese Absenkung schon in Ruhe vor der Belastung auftritt, wobei sich in den Ruhewerten der Körpertemperatur vermutlich länger überdauernde Anpassungseffekte widerspiegeln, während die Herzschlagfrequenz in Ruhe auch unspezifisch auf andere momentane Einflüsse reagiert.

Schlüsselwörter: Akklimatisation, Hitzebelastung, Modell.

1. Einleitung

Wiederholte Hitzebelastung führt zu einer Anpassung des Körpers an diese Belastung ("Akklimatisation"), die sich in einer Verminderung der Beanspruchung zeigt. Wie zahlreiche Studien belegen (Aoyagi et al. 1997), treten in Abhängigkeit von den Expositionsbedingungen mehr oder weniger stark ausgeprägte Verringerungen von Herzschlagfrequenz und Körpertemperatur sowie eine Zunahme der Schweißproduktion während der jeweiligen Klimaexposition auf.

Die Re-Analyse einer Laborstudie von Griefahn (1997) hatte bereits gezeigt, dass während einer mehrtägigen Akklimatisationsphase die Rektaltemperatur (*tre*) insgesamt, d.h. insbesondere im Ausgangswert vor Beginn der Hitzebelastung sinkt (Kampmann et al. 2007). Dieser Beitrag untersucht, ob für die Herzschlagfrequenz (HSF) ein ähnliches Verhalten nachweisbar ist.

2. Methode

Die Auswertung basiert auf den Registrierungen der HSF und *tre* aus 4 Akklimatisationsreihen, von denen drei bei Hitzebelastungen mit äquivalentem WBGT (33.5 °C), aber unterschiedlicher Charakteristik (trocken-heiß, feucht-warm, Wärmestrahlung) stattfanden sowie eine mit einer Neutralbedingung (Lufttemperatur 25 °C) durchgeführt wurde.

Im Labor absolvierten jeweils 8 Probanden an 15 (Hitze) bzw. 12 (Neutralklima) aufeinander folgenden Tagen eine an eine Ruhephase anschließende 2-stündige Laufbandarbeit (4 km/h, 0° Steigung). Mittels ANOVA für Messwiederholungen wurden Unterschiede in den 4 Klimabedingungen im Akklimatisationsverlauf von Ruhe- und Endwerten der HSF sowie mit Regressionsanalysen der Einfluss der Veränderung der Ruhewerte auf den Akklimatisationsgewinn statistisch geprüft.

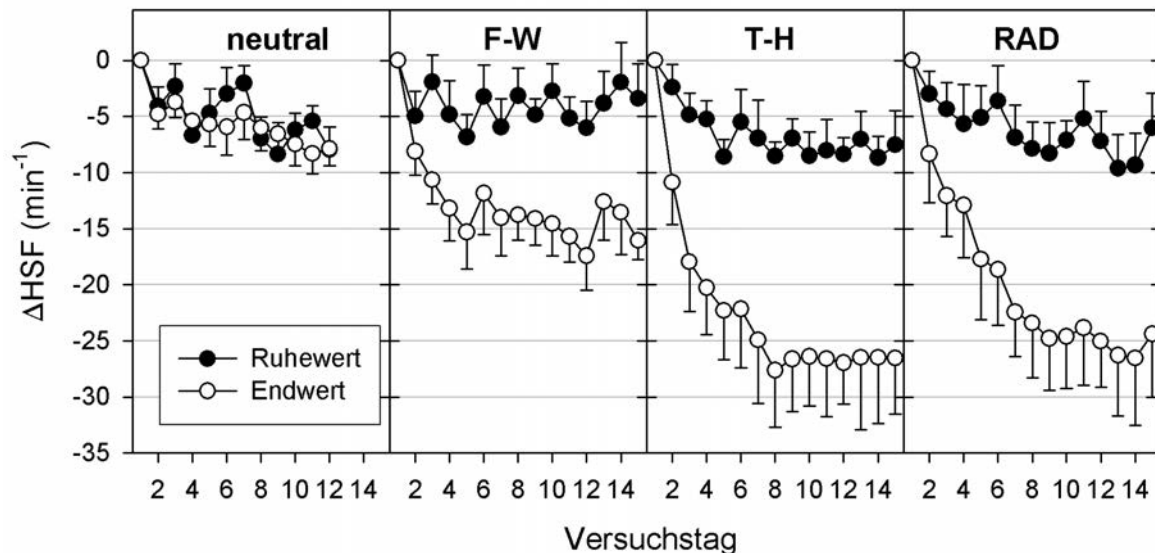


Abbildung 1: $AM \pm SE$ des Akklimatisations-Effektes (Differenzen zum ersten Versuchstag, ΔHSF) für die Ruhe- und Endwerte der Herzschlagfrequenzen bei neutralem, feucht-warmem (F-W), trocken-heißem (T-H) Klima sowie unter Wärmestrahlungsbelastung (RAD)

3. Ergebnisse

3.1 Änderung der Herzschlagfrequenz während der Akklimatisation

Abbildung 1 zeigt die Entwicklung des Akklimatisationsgewinns bei den Ruhe- und Endwerten der HSF als Differenz zum ersten Tag. Die Resultate der ANOVAs mit den 4 Klimabedingungen und den Versuchstagen 2-12 als unabhängige Faktoren werden in Tabelle 1 präsentiert.

Die Endwerte änderten sich bis zum sechsten Versuchstag signifikant. Dabei war der Unterschied zwischen den 3 Hitzebelastungen mit einer mittleren Abnahme von 22 min^{-1} am Ende der Akklimatisation nicht signifikant, obwohl im feucht-warmen Klima die Abnahme der HSF geringer ausfiel. Dagegen ergab sich im trocken-heißen Klima und bei Wärmestrahlung ein signifikanter Unterschied zur Neutralbedingung (Tabelle 1), in der die Endwerte nur um 8 min^{-1} absanken.

Auch die Ruhewerte veränderten sich im Verlauf der Akklimatisation bis zum dritten Tag signifikant (Tabelle 1) und nahmen unabhängig von der Klimabedingung bis zum Ende der Akklimatisation im Mittel um 7 min^{-1} ab.

Tabelle 1: Zähler- und Nennerfreiheitsgrade (df_1 , df_2), F-Statistiken und p-Werte der ANOVA für die Differenzen zum ersten Versuchstag von Ruhe- und Endwerten der Herzschlagfrequenz für die 4 Klimate und die Versuchstage 2 bis 12

Effekt	Ruhewerte				Endwerte			
	df_1	df_2	F	p	df_1	df_2	F	p
Tag	10	280	1.96	0.0382	10	280	4.71	<.0001
Klima	3	28	0.52	0.6696	3	28	6.68	0.0015
Tag * Klima	30	280	0.87	0.6724	30	280	1.14	0.2865

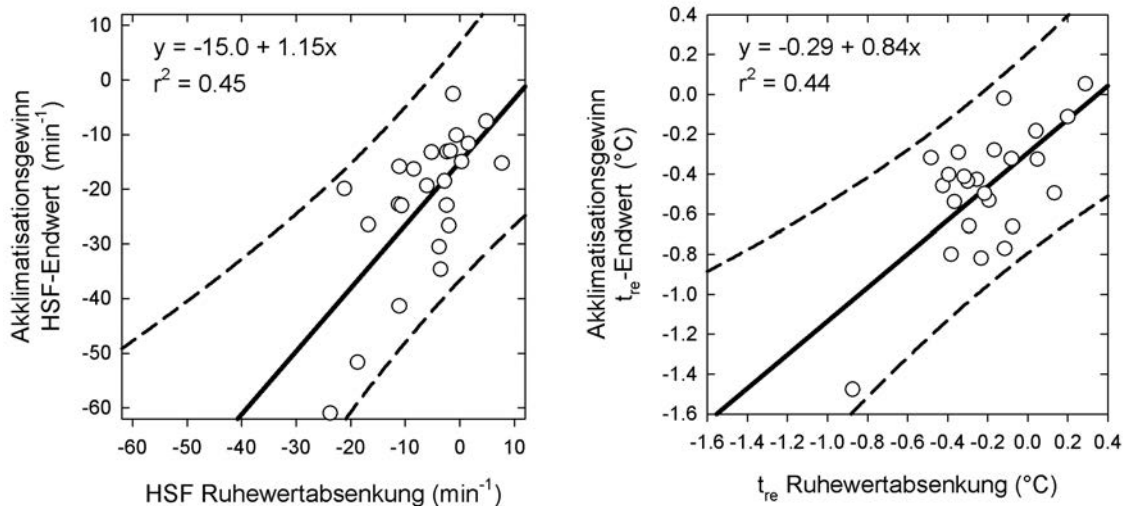


Abbildung 2: Korrelation der Akklimatisierungsgewinne bei den Endwerten der HSF (links) und t_{re} (rechts) mit der Ruhewertabsenkung (Differenzen zum ersten Versuchstag) am Ende der 3 Versuchsreihen mit Wärmebelastung (Mittelwert aus Tag 14&15, vgl. Griefahn (1997)). Regressionsgeraden mit 95% Vorhersageintervall

3.2 Korrelation der Änderungen von Herzschlagfrequenz und Rektaltemperatur

Für die Hitzebelastungen ergab sich am Ende der Akklimatisation ein statistisch signifikanter Zusammenhang von $r=0.67$ ($p < 0.01$) zwischen der Absenkung von Ruhe- und Endwerten der HSF (Abbildung 2 links), der, wie im rechten Teil von Abbildung 2 dargestellt, in annähernd gleicher Größenordnung auch für die t_{re} beobachtet worden war (Kampmann et al. 2007).

Wie der rechte Teil von Abbildung 3 darstellt, zeigte sich eine ähnlich hohe Korrelation ebenso zwischen den Endwerten von t_{re} und HSF. Dagegen war kein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen den Ruhewerten von t_{re} und HSF nachweisbar (Abbildung 3 links).

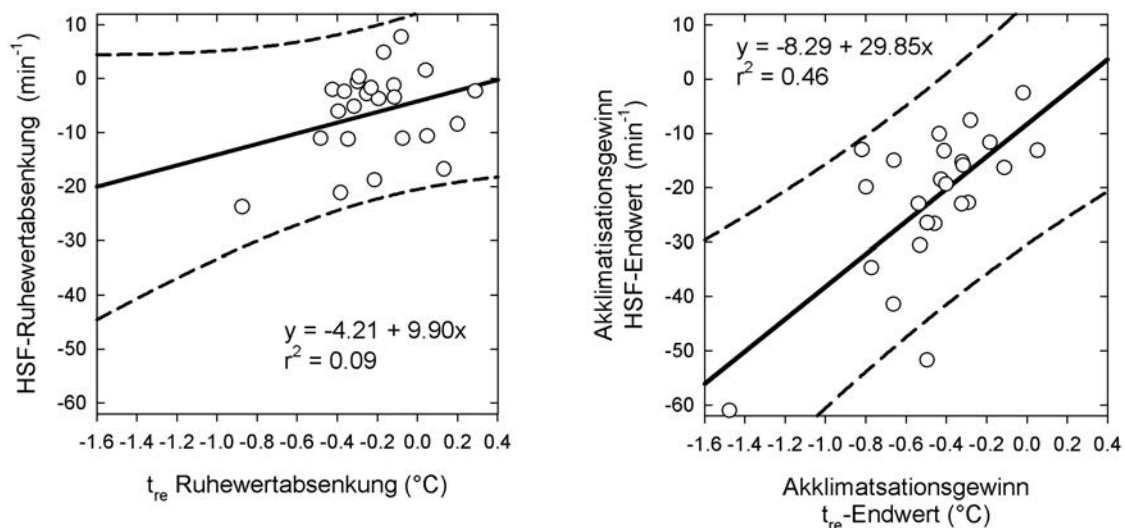


Abbildung 3: Korrelation der Ruhewertabsenkungen (links) und Akklimatisierungsgewinne (rechts) von HSF und RT. Regressionsgeraden mit 95% Vorhersageintervall

4. Diskussion und Schlussfolgerung

Die Ergebnisse bestätigen die schon für die t_{re} von Kampmann et al. (2007) bei der Akklimatisation an Hitze beschriebene Absenkung der Ruhewerte auch für die HSF. Darüber hinaus belegen sie erneut, diesmal für die HSF, den Zusammenhang zwischen der Ruhewertabsenkung und dem beobachtbaren Akklimatisationsgewinn. Am Ende der Arbeitsphasen zeigt sich die bekannte Beziehung zwischen HSF und t_{re} ("thermische Pulse", Kampmann & Schütte 2004).

Das Ausbleiben einer ähnlichen Korrelation bei den Ruhewerten ist möglicherweise dadurch zu erklären, dass in der Absenkung des Ruhewerts der t_{re} eher länger überdauernde Effekte der Akklimatisation, z.B. ein verminderter Ruheenergieumsatz oder ein effizienterer Wärmetransfer durch die Blutzirkulation (Aoyagi et al. 1997), zum Ausdruck kommen, während unter Ruhebedingungen die HSF stärker von momentanen Einflüssen überlagert wird.

Darüber hinaus ist bekannt, dass die Toleranz gegenüber Hitzeeinwirkungen sehr stark von den erreichten Endwerten der physiologischen Beanspruchungsgrößen bestimmt wird (Nielsen et al. 1993; Gonzalez-Alonso et al. 1999; WHO Scientific Group 1969), welche wiederum von den Ausgangswerten abhängen (Givoni & Goldman 1972). Daher können die hier dargestellten Ergebnisse dazu beitragen, die Auswirkungen der Akklimatisation bei der Bewertung von Hitzebelastungen mit Hilfe thermoregulatorischer Modelle (ISO 7933 2004) adäquat zu berücksichtigen.

5. Literatur

1. Aoyagi, Y., McLellan, T.M. & Shephard, R.J. 1997, Interactions of physical training and heat acclimation. The thermophysiology of exercising in a hot climate, *Sports Medicine*, 23, 173-210.
2. Givoni, B. & Goldman, R.F. 1972, Predicting rectal temperature response to work, environment, and clothing, *Journal of Applied Physiology*, 32, 812-822.
3. Gonzalez-Alonso, J., Teller, C., Andersen, S.L., Jensen, F.B., Hyldig, T. & Nielsen, B. 1999, Influence of body temperature on the development of fatigue during prolonged exercise in the heat, *Journal of Applied Physiology*, 86, 1032-1039.
4. Griefahn, B. 1997, Acclimation to three different hot climates with equivalent wet bulb globe temperatures, *Ergonomics*, 40, 223-234.
5. 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.
6. Kampmann, B., Bröde, P., Schütte, M. & Griefahn, B. 2007, Akklimatisationsgewinn bei Hitzebelastung durch Absenkung der Körperkerntemperatur in der Ruhephase. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg.), Kompetenzentwicklung in realen und virtuellen Arbeitssystemen. Dortmund: GfA-Press, 545-548.
7. Kampmann, B. & Schütte, M. 2004, Abhängigkeit der Herzschlagfrequenz, Körperkerntemperatur und der Kovariation beider Größen von Klimabedingungen und Akklimatisation. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg.), Arbeit + Gesundheit in effizienten Arbeitssystemen. Dortmund: GfA-Press, 163-166.
8. Nielsen, B., Hales, J.R.S., Strange, S., Christensen, N.J., Warberg, J. & Saltin, B. 1993, Human Circulatory and Thermoregulatory Adaptations with Heat Acclimation and Exercise in A Hot, Dry Environment, *Journal of Physiology-London*, 460, 467-485.
9. WHO Scientific Group 1969, Health factors involved in working under conditions of heat stress, WHO Technical Report, Series Number 412. Geneva: World Health Organization. (http://whqlibdoc.who.int/trs/WHO_TRS_412.pdf, Abruf: 14.1.2008)

Bestimmung der dynamischen Wärmeisolutions- und Wasserdampfdiffusionseigenschaften von Bergmannsbekleidung mithilfe eines beweglichen „schwitzenden“ Manikins

Bernhard KAMPMANN¹, Bernhard KALKOWSKY², Cornelis P. BOGERD³,
Niklaus MATTLE³ und Mark RICHARDS^{3,4}

¹ *Fachgebiet Arbeitsphysiologie, Arbeitsmedizin und Infektionsschutz,
Fachbereich D, Bergische Universität Wuppertal,
Gaußstraße 20, D-42119 Wuppertal*

² *Arbeitsmedizinisches Zentrum Pluto der Deutschen Steinkohle AG,
Wilhelmstr. 98, D-44649 Herne*

³ *Abteilung Schutz und Physiologie, Empa,
Eidgenössische Material-, Prüfungs- und Forschungsanstalt,
Lerchenfeldstrasse 5, CH-9014 St. Gallen*

⁴ *www.humanikin.com*

Kurzfassung: Die thermophysiologischen Eigenschaften der Bekleidung von Bergleuten wurden für drei Bekleidungskombinationen ermittelt, wie sie von Bergleuten vor Ort getragen werden. Die Messungen wurden mithilfe eines beweglichen schwitzenden Manikin SAM vorgenommen, das in der EMPA in St. Gallen entwickelt wurde.

Schlüsselwörter: Bekleidung, Bergbau, Wärmeisolation.

1. Einleitung

Meist wird die Wärmeisolation von Bekleidung aus Tabellen (z.B. in ISO 9922) bestimmt, in denen die Gesamtisolation der Bekleidung aus der Wärmeisolation der einzelnen Kleidungsstücke ermittelt wird.

Wenn eine bekleidete Person einer Luftbewegung ausgesetzt ist und/oder sich bewegt, verändern sich die Wärmeisolutions- und Wasserdampfdiffusionseigenschaften der Bekleidung, weil durch die Öffnungen der Kleidung (z.B. Ärmel und Kragen) der Luftaustausch erhöht wird. Die Auswirkung dieser Luftbewegungen wird durch die „dynamische“ Wärmeisolation beschrieben, die durch den Einsatz von beweglichen Manikins ermittelt werden kann. Ein solches Manikin kann seine Oberflächentemperatur regelungstechnisch konstant halten, so dass die Veränderung der Heizleistung – bei unterschiedlicher Bekleidung – ein Maß für die Wärmeisolation der Bekleidung darstellt.

Bei schweißnasser Bekleidung verringert sich die Wärmeisolation der Bekleidung meist, weil die Luftschicht zwischen Haut und Bekleidung verändert wird, und die Verdampfungskühlung nicht nur auf der Haut, sondern auch auf der Oberfläche der Bekleidung stattfindet.

Die Einflüsse von Bewegung und Schweißproduktion lassen sich mittels eines beweglichen, „schwitzenden“ Manikins untersuchen.

Im Rahmen der COST Aktion 730, die im 6. Rahmenprogramm der EU gefördert wird, sollen zur Validierung des dort verwendeten thermophysiologischen Modells (Fiala et al. 2001) auch Daten aus Feldversuchen im Bergbau (Kalkowsky & Kampmann, 2006) herangezogen werden; dazu sollten die thermophysiologischen Eigenschaften der Bekleidung von Bergleuten bestimmt werden.

2. Methode

In der Eidgenössischen Materialprüfungs- und Forschungsanstalt in St. Gallen steht ein bewegliches schwitzendes Manikin (Sweating Agile thermal Manikin „SAM“) zur Verfügung (Richards & Mattle 2001). An diesem Manikin wurden die Eigenschaften der Bergmannskleidung bestimmt (vgl. Abbildung 1).

Das Messverfahren – nach ISO 15831 (2004) für die trockene intrinsische Wärmeisolation R_{ct} und nach ASTM F 2370-05 (2005) für die intrinsische Wasserdampfdurchlässigkeit $R_{e,cl}$ – ist ausführlich in Richards et al. (2003) erläutert. Wegen der schweren Sicherheitsschuhe wurde auf die Schreitbewegung des Manikins verzichtet – dies entspricht auch eher der Tätigkeit eines Bergmanns, der vor Ort nicht ständig geht. Bei den Untersuchungen lag eine Windgeschwindigkeit von 0,15 m/s vor.

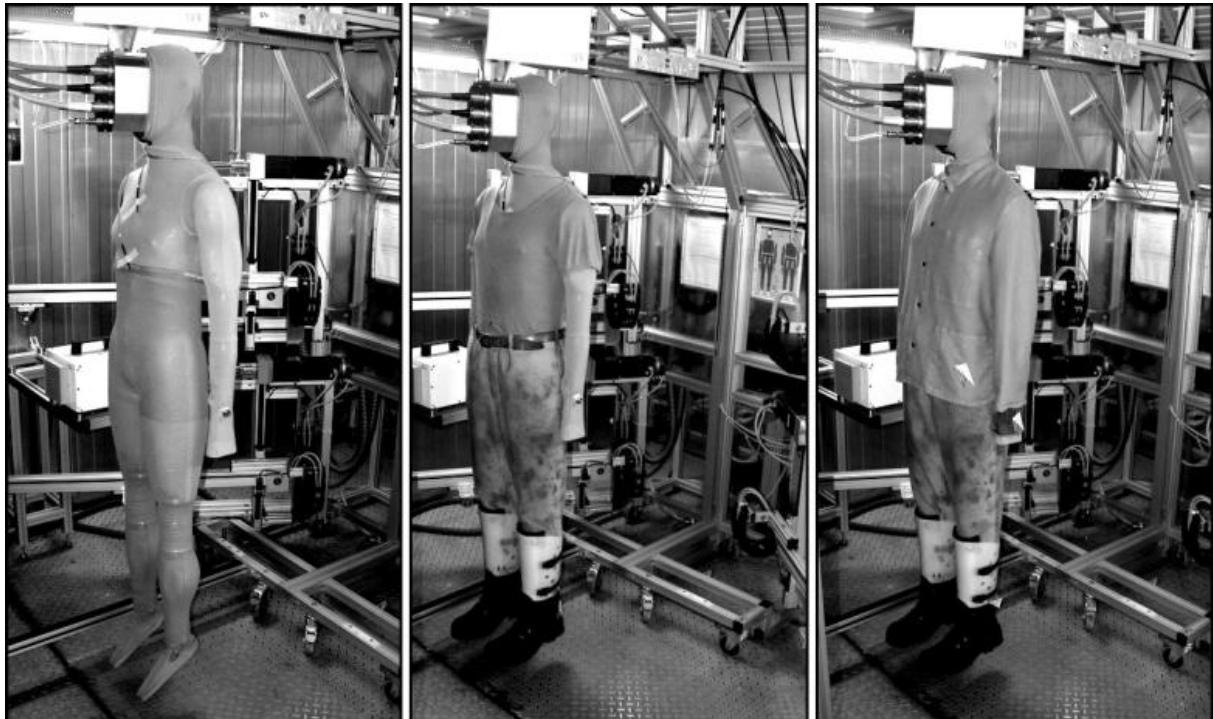


Abbildung 1: Das „schwitzende“ Manikin SAM: unbekleidet und mit den Bekleidungskombinationen 1 und 3

Da die Bergleute – entsprechend dem vorliegenden Klima – untertage ihre Jacke bzw. auch ihr Hemd ausziehen, wurden die Messungen für drei Kombinationen von Bekleidungen durchgeführt. Unterhose, Hose, Schienbeinschützer und Sicherheitstiefel wurden immer getragen, zusätzlich:

- Unterhemd;
- Unterhemd und Hemd;
- Unterhemd, Hemd und Jacke.

Die Messungen wurden bei zwei Klimazuständen durchgeführt:

- 20°C; 50% rel. Feuchte; kein Schweiß sowie
- 30°C; 80% rel. Feuchte; Schweißrate: 220 g/h.

Die Wärmeisolation des Helms wurde separat an dem Kopf-Manikin ALEX (Brühwiler 2001; vgl. Abbildung 2) bei der ersten o.g. Bedingung bestimmt und in das Ergebnis einberechnet.

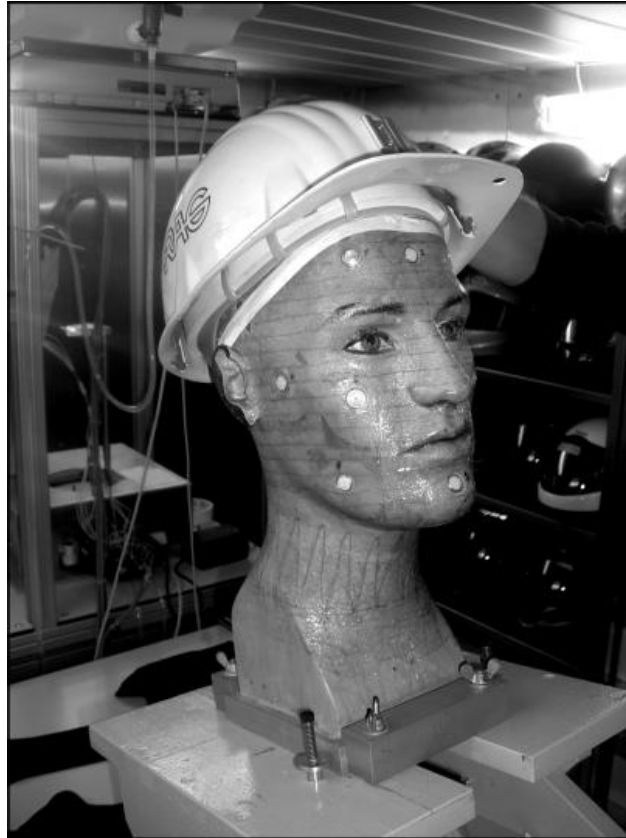


Abbildung 2: Das Kopf-Manikin ALEX mit Schutzhelm

3. Ergebnisse

Die Ergebnisse der Untersuchung sind in Tabelle 1 zusammengefasst. (Statt der intrinsischen Wärmeisolation R_{ct} ist I_{cl} in clo ($1 \text{ clo} = 0,155 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$) angegeben):

Tabelle 1: Wärmeisolation und Wasserdampfdiffusionswiderstand der verschiedenen Bekleidungskombinationen (Unterhose (DIN 23345), Socken (DIN 23346), Hose (DIN 23341), Schienbeinschützer (DIN 23327) und Sicherheitsschuhe wurden immer getragen)

Bekleidungskombination	$I_{cl} / \text{clo} (20 \text{ °C})$ ISO 15831	$R_{e,cl} / \text{m}^2 \cdot \text{Pa} \cdot \text{W}^{-1} (30 \text{ °C})$ ASTM F 2370-05
Unterhemd DIN 23342	0,603	28,7
Unterhemd, Hemd DIN 23342, DIN 23343	0,992	47,0
Unterhemd, Hemd, Jacke DIN 23341, DIN 23343, DIN 23341	1,318	64,5

4. Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse stehen nun für Modellrechnungen der Beanspruchung von Bergleuten im Modell – z.B. nach Fiala (2001) oder PHS (ISO 7933) – zur Verfügung.

5. Literatur

1. ASTM F 2370-05 2005, Standard Test Method for Measuring the Evaporative Resistance of Clothing Using a Sweating Manikin. West Conshohocken: ASTM International.
2. Brühwiler P. 2003, Heated, perspiring manikin headform for the measurement of headgear ventilation characteristics, *Measurement Science and Technology*, 14, 217–227.
3. DIN 23327: 2003, Unterschenkel-Rundumschützer für den Bergbau. Berlin: Beuth.
4. DIN 23341: 2005, Bekleidung für den Bergbau - Zweiteilige Arbeitsanzüge (Jacke und Bundhose). Berlin: Beuth.
5. DIN 23342:2005, Bekleidung für den Bergbau - Herren-Unterhemd mit 1/4-Ärmel. Berlin: Beuth..
6. DIN 23343:2007, Bekleidung für den Bergbau – Grubenhemd. Berlin: Beuth..
7. DIN 23345: 2005, Bekleidung für den Bergbau - Herren-Unterhose 1/1 lang. Berlin: Beuth.
8. DIN 23346: 2003, Bekleidung für den Bergbau – Arbeitssocken. Berlin: Beuth.
9. DIN EN ISO 7933: 2004, Ergonomie der thermischen Umgebung - Analytische Bestimmung und Interpretation der Wärmebelastung durch Berechnung der vorhergesagten Wärmebeanspruchung (ISO 7933:2004), Deutsche Fassung EN ISO 7933:2004. Berlin: Beuth.
10. Fiala, D., Lomas, K.J. & Stohrer, M. 2001, Computer prediction of human thermoregulatory and temperature responses to a wide range of environmental conditions, *International Journal of Biometeorology*, 45, 143-159.
11. ISO 15831: 2004, Clothing – Physiological Effects – Measurement of Thermal Insulation by Means of a Thermal Manikin. Geneva: International Organisation for Standardization.
12. Kalkowsky, B. & Kampmann, B. 2006, Physiological Strain of Miners at Hot Working Places in German Coal Mines, *Industrial Health*, 44, 465-473.
13. Richards, M.G.M. & Mattle, N.G. 2001, A Sweating Agile thermal Manikin (SAM) developed to test complete clothing systems under normal and extreme conditions. In: *Human Factors and Medicine Panel Symposium - Blowing Hot and Cold: Protecting Against Climatic Extremes*; 8-11 October 2001; Dresden: RTO/NATO, ISBN 92-837-1082-7; published in RTO-MP-076 (April 2002), Paper 4, 1-7.
14. Richards, M.G.M., Mattle, N.G. & Becker, C. 2003, Assessment of the protection and comfort of fire fighters' clothing using a sweating manikin. In: *Proceedings of the 2nd European Conference on Protective Clothing (ECPC) and NOKOBETEF 7*, Montreux, Switzerland, 21 – 24 May 2003, CD file 'Start ECPC-Programm.pdf', 397-402.

Die Autoren danken dem Staatssekretariat für Bildung und Forschung (SBF) des Eidgenössischen Departments des Inneren für die finanzielle Unterstützung dieser Untersuchung im Rahmen der COST Aktion 730 unter der Projektnummer C06.0023.

Arbeitsorganisation und Arbeitsplatzgestaltung

Zusammenarbeit Arbeitsmedizin/ Arbeitswissenschaft auf dem Feld „Arbeit und Gesundheit“

Joachim STORK

*Gesundheitswesen der AUDI AG Ingolstadt,
D-85045 Ingolstadt*

Kurzfassung: Sowohl aktuelle Arbeitsschwerpunkte, als auch neuere methodische Erkenntnisse in der Arbeitsforschung erfordern eine engere Zusammenarbeit von Arbeitsmedizin und Arbeitswissenschaft. Das gilt sowohl im Betriebsalltag, als auch bei der Erarbeitung von Methoden- und Qualitätsstandards für öffentlich geförderte Forschungsprojekte.

Schlüsselwörter: Arbeitsmedizin, Arbeitswissenschaft, Arbeitsforschung, methodische Anforderungen.

1. Einleitung

Die öffentliche Förderung von Forschungsprojekten auf dem Feld Arbeit und Gesundheit insbesondere in den 70-er und 80-er Jahren (HDA Projekte) hat in Zusammenarbeit von Arbeitsmedizin und Arbeitswissenschaft zu bis heute gültigen, wertvollen Ergebnissen geführt. Diese Ergebnisse sind in vielfältiger Weise in die Entwicklung von Standards zur Arbeitsgestaltung und Arbeitsorganisation der letzten Jahrzehnte eingeflossen. Der Wandel der Arbeitswelt mit kontinuierlichen Verbesserungen der arbeitshygienischen Situation, Abbau schwerer dynamischer und statischer Muskelarbeit und zunehmender informatorischer und kognitiver Aufgaben erhöht tendenziell den Bedarf an arbeitswissenschaftlichem Methodeninventar in der Arbeitsforschung. Arbeitsmedizin und Arbeitswissenschaft sind darüber hinaus mit tendenziell zunehmenden Leistungsanforderungen an die Arbeitnehmerschaft bei gleichzeitig steigendem Durchschnittsalter konfrontiert. Zusätzlich zu den in früheren Jahrzehnten fokussierten monokausal verursachten Gesundheitsgefährdungen treten heute vermehrt Kombinationsbelastungen unterschiedlicher Belastungsmodalitäten in den Vordergrund der Präventionsforschung; gleichzeitig finden die „salutogenen“ Effekte gut gestalteter Arbeit zunehmendes Interesse. Diese Entwicklungen stellen erhöhte Anforderungen an das Methodenspektrum beider Disziplinen, aber auch an ihre Zusammenarbeit.

2. Überlegungen zur Erfassung von Belastung und Beanspruchung

Das klassische arbeitswissenschaftlich – arbeitsmedizinische Untersuchungssetting beinhaltete die Erfassung der Arbeitsbelastung mit arbeitsanalytischen Methoden (z.B. dem AET) und der gesundheitlichen Auswirkungen mit arbeitsmedizinischen und arbeitsphysiologischen, das heißt biologisch orientierten Methoden.

Sowohl wegen des oft hohen Aufwandes dieser Ansätze, als auch unter Berücksichtigung einer zunehmenden Bedeutung der psychosozialen Gesundheit in der Arbeitsforschung, dominieren in den letzten Jahren Studienkonzepte, die sowohl die verschiedenen Dimensionen der Arbeitsbelastung, als auch der „Gesundheit“ der je-

weiligen Kollektive mit dem Methodeninventar der empirischen Sozialforschung zu erfassen versuchen.

Naturgemäß können allerdings nur wenige der zahlreichen gesundheitsrelevanten Belastungsdimensionen im Rahmen von Befragungen erhoben werden. Zudem werden Belastung und Beanspruchung bei derartigen Erhebungen jeweils von derselben Person subjektiv bewertet, was bei Querschnittuntersuchungen zwangsläufig zu Assoziationen führt, die nicht notwendigerweise durch Arbeitsmerkmale, sondern auch durch die körperlichen und psychosozialen Dimensionen der Gesundheit der befragten Probanden konstituiert werden. Wir können nicht ernsthaft darüber erstaunt sein, dass Arbeitnehmer mit Rückenbeschwerden häufiger über eine hohe berufliche Rückenbelastung berichten, als beschwerdefreie Probanden mit identischer Arbeitssituation (Stock et al. 2005); ähnliches gilt für psychosoziale Belastungen und psychische Gesundheit (Kompier 2005).

Für die Beanspruchungserfassung gilt demgegenüber als Konsens, dass die verschiedenen Dimensionen des Wohlbefindens (psychisch, sozial, körperlich) recht gut und valide mit Befragungsinstrumenten erfasst werden können, während objektive Beanspruchungsparameter im biologischen Bereich sich naturgemäß einer solchen Erfassung weitgehend entziehen.

In Anbetracht der heute sehr komplexen Fragestellungen ist deshalb zu fordern, dass insbesondere bei Untersuchungen zur Entwicklung der Arbeits- und Beschäftigungsfähigkeit sowohl bei der Belastungserfassung, als auch bei der Beanspruchungsmessung üblicherweise subjektiv und objektiv messende Verfahren miteinander kombiniert werden.

3. Grenzen des Belastungs-/Beanspruchungsmodells

Das Belastungs-/ Beanspruchungsmodell mit seinen Stärken und Grenzen ist wissenschaftlich hinlänglich bewertet und wird weiter einen festen Stellenwert bei zukünftigen Forschungskonzepten haben. Allerdings setzt die Anwendung dieses Modells präzise Kenntnisse über die Wirkungsmechanismen von Arbeitsbelastungen und anderen Einflussfaktoren, sowie ihrer Wirkrichtung voraus. Zahlreiche Untersuchungen konnten aber überzeugend zeigen, dass zwischen den Dimensionen der Arbeitsfähigkeit, der Arbeitszufriedenheit, der psychischen Gesundheit, der verschiedenen Arbeitsanforderungen und Belastungssituationen komplexe Wechselbeziehungen herrschen, die sich der unidirektionalen Betrachtung des Belastungs-/Beanspruchungskonzepts entziehen. Insbesondere die bekannten Mechanismen einer „reversen Kausalität“ sind in diesem Zusammenhang zu berücksichtigen: ein schlechterer Gesundheitszustand kann sowohl zu einer ungünstigeren Bewertung der Arbeitssituation, als auch zu einer objektiven Verschlechterung der Arbeitssituation beitragen (Kalimo 2005). Dieses ist bei Querschnittsuntersuchungen auch mit ausgefeilten statistischen Methoden nicht angemessen lösbar. Belastungs-/Beanspruchungsuntersuchungen auf diesem Gebiet bedürfen also komplexer Studienkonzepte und einer kritischen, in der Tendenz zurückhaltenden Interpretation und Vorsicht bei der Ableitung von Schlussfolgerungen.

4. Veränderte Anforderungen an die Konzeption von Studien

Aus den Überlegungen zur Erfassung von Belastung und Beanspruchung ergibt

sich bereits die Notwendigkeit, im Regelfall subjektive und objektive Parameter bei der Beanspruchungsermittlung zu kombinieren und bei der Erfassung der Dimensionen der Arbeitsbelastung – soweit möglich - objektive Analyseinstrumente in den Vordergrund zu stellen. Daraus ergibt sich fast zwangsläufig die Notwendigkeit einer intensiven Zusammenarbeit von Arbeitswissenschaft und Arbeitsmedizin, soweit nicht stoffliche/chemische Expositionen im Vordergrund stehen. Bei dem bereits sehr umfangreichen Wissen über die Zusammenhänge von Arbeit und Gesundheit dürften zusätzliche, relevante Erkenntnisse zukünftig nur noch in Ausnahmefällen im Rahmen von Querschnittsuntersuchungen zu gewinnen sein.

Das bedeutet, dass Längsschnittuntersuchungen zukünftig deutlich an Bedeutung gewinnen müssen. Nur so können hinreichende Informationen über die verschiedenen Wirkrichtungen gewonnen werden. Ohne die Kenntnis von Wirkrichtungen können aus den in großer Zahl täglich publizierten Assoziationen und Korrelationen keine präventiven Maßnahmen abgeleitet werden. Auch und gerade bei Untersuchungen unter Einbeziehung der psychischen Gesundheit von Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmern ist darauf hinzuweisen, dass wir für diesen Begriff bisher kein allgemein akzeptiertes Konstrukt haben; der Dialog unserer Disziplinen gerade auf diesem Gebiet ist besonders wichtig.

5. Arbeit an kongruenten Sichtweisen: Wissenschaft, Praxis, Forschungsträger

Die Erfahrungen der letzten Jahre, aber auch diese Überlegungen machen es unerlässlich, an kongruenten Sichtweisen des Themenfelds Arbeit und Gesundheit zu arbeiten. Dabei ist nicht nur die Kompetenz und Erfahrung der Disziplinen Arbeitswissenschaft und Arbeitsmedizin, sondern auch die unterschiedliche Perspektive von Wissenschaft, Praxis und den Trägern der Forschungsförderung zu integrieren. Das gemeinsame Interesse von Forschungsträgern, Forschungsinstitutionen und untersuchten Unternehmen an Praktikabilität, begrenztem Aufwand, und schnellen Ergebnissen hat in den letzten Jahren zu uns allen bekannten Fehlentwicklungen geführt. Im aktuellen Diskurs über zu setzende Präventionsschwerpunkte in den Unternehmen, aber auch in der Forschungsförderung, wird gerne (bezeichnenderweise aber nie aus der betrieblichen Praxis!) geäußert, die „klassische Prävention“ mit ihrer monokausalen Betrachtungsweise und Interventionsmethodik (z.B. Abbau schwerer körperlicher Arbeit, Lärm- oder Staubminderung) habe heute ausgedient. Forschung muss und wird aber heute und in Zukunft weiterhin Arbeitsmerkmale aufdecken, die als eindeutig gesundheitsgefährdend zu bewerten und möglichst zu begrenzen oder vermeiden sind. Erfolgreiche – „evidenzbasierte“ - betriebliche Prävention ist bisher weitgehend diesen konzeptionell einfacheren Zusammenhängen zuzuordnen. Die aufgezeigten komplexeren Fragestellungen, insbesondere im Zusammenhang mit Beschäftigungsfähigkeit, Demografie-Thematik und psychosozialer Gesundheit können also keinesfalls als alternative, sondern müssen als zusätzliche, wichtige Handlungsfelder der Präventionsforschung und der betrieblichen Präventionspraxis bewertet und behandelt werden. Vor dem Hintergrund der langjährigen, hervorragenden deutschen Forschung auf dem Gebiet Arbeit und Gesundheit können wir gemeinsam und optimistisch den skizzierten Weg einer Konsenssuche gehen, z.B. auf den jeweiligen Tagungen unserer Fachgesellschaften. Die Notwendigkeit eines komplexeren und größeren Methodenaufwandes in der Arbeitsforschung dürfte aber bereits heute ebenso unstrittig sein, wie die Notwendigkeit komplexerer Präventions- und Interventionsprogramme in der betrieblichen Praxis.

6. Literatur

1. Kalimo, R. 2005, Reversed causality – a need to revisit systems modeling of work-stress-health relationships, *Scandinavian Journal on Work, Environment & Health*, 31, 1-2.
2. Kompier, M. 2005, Assessing the psychosocial work environment – subjective versus objective measurement *Scandinavian Journal on Work, Environment & Health*, 31, 405-408.
3. Stock, S., Fernandes, R., Delisle, A. & Vezina, N. 2005, Reproducibility and validity of workers' self-reports of physical work demands, *Scandinavian Journal on Work, Environment & Health*, 31, 409-437.

Steuerung des Arbeitseinsatzes leistungsgewandelter Mitarbeiter unter Zuhilfenahme der Arbeitsplatzstrukturanalyse

Wolfgang HILLA

*Gesundheitsschutz der AUDI AG, Ingolstadt,
D-85045 Ingolstadt*

Kurzfassung: Die Veränderung der Arbeitsbedingungen und die Erreichung der Produktivitätsziele erfordern einen gesundheits- und leistungsgerechten Arbeitseinsatz. Eine zusätzliche Herausforderung stellt der demografische Wandel an Montagearbeitsplätzen dar, da die dort benötigten Fertigkeiten oftmals einem Altersgang unterliegen und bzw. oder durch altersassoziierte Erkrankungen mit der Folge von Leistungswandlungen beeinträchtigt werden können. Neben einer ergonomischen Arbeitsplatzgestaltung muss die Steuerung des Arbeitseinsatzes für eine optimale Passung von Leistungsbedingungen und Leistungsvermögen sorgen. Eine grundlegende Voraussetzung ist die Verfügbarkeit der entsprechenden Dokumentationssysteme, um für jeden Mitarbeiter den geeigneten Arbeitsplatz finden zu können. Auf der Belastungsseite ist dies die Arbeitsplatzstrukturanalyse: Diese stellt eine standardisierte Beschreibung der beanspruchungsrelevanten Belastungsfaktoren auf Grundlage eines ergonomischen Messsystems dar. Auf der Beanspruchungsseite werden im Zuge arbeitsmedizinischer Untersuchungen bei Bedarf Einschränkungen des Leistungsvermögens dokumentiert. Es handelt sich um eine einzel-fallbezogene Erstellung von Eignungsprofilen mit Bezugnahme auf temporäre oder gar permanente Leistungswandlung in Folge von Erkrankungen und/oder altersbedingten Veränderungen des Leistungsvermögens. Zu achten ist auf die Kompatibilität beider Profilsysteme, um zielgerichtet die aus gesundheitlicher Sicht geeigneten Arbeitsplätze identifizieren zu können. Bei der Passung sind neben der gesundheitlichen Übereinstimmung von Arbeitsanforderungen und Leistungsvermögen ebenso eine Reihe weiterer Aspekte, wie Qualifikation, Arbeitszeit, Bezahlung, etc., zu berücksichtigen. Ein mögliches Engpasskriterium ist die Verfügbarkeit geeigneter Arbeitsplätze. Bei fehlenden Beschäftigungsmöglichkeiten im ursprünglichen Arbeitsbereich ist dieser im Sinne einer Kaskade schrittweise zu erweitern, um letztendlich einen geeigneten Arbeitsplatz zu finden, der eine bestmögliche Passung gewährleistet. Dieser Vorgang ist als Prozess zu beschreiben und in den betrieblichen Handlungsabläufen verbindlich zu verankern. Im betrieblichen Alltag sind üblicherweise mit dem Prozess „Arbeitseinsatz leistungsgewandelter Mitarbeiter“ eine Reihe weiterer Prozesse verknüpft. Dabei handelt es sich beispielsweise um die arbeitsmedizinische Begutachtung, die Arbeitsplatzstrukturanalyse innerhalb standardisierter Produktionssysteme, der kontinuierliche Verbesserungsprozess zur Steigerung der Produktivität (KVP) oder der Ergonomieprozess zur Arbeits-(platz)-gestaltung. Zu definieren sind

die prozessualen Schnittstellen, um ein effizientes Zusammenwirken der Einzelprozesse zu gewährleisten.

Schlüsselwörter: Leistungswandlung, Leistungsvermögen, Arbeitsplatzstrukturanalyse, Eignungsprofil.

1. Einleitung

Geprägt durch den internationalen Wettbewerb der Produktionsstandorte gehören Maßnahmen zur Verbesserung der Produktivität zu den Standardaufgaben von Konstrukteuren, Planern und betrieblichen Vorgesetzten. Auch nach Inbetriebnahme von Fertigungsanlagen werden mit kontinuierlich wirksamen Prozessen produktivitätsverbessernde Maßnahmen umgesetzt. In diesem Zusammenhang ist die gesundheits- und leistungsgerechte Steuerung des Personaleinsatzes hervorzuheben.

Neben der Zuweisung eines geeignet gestalteten Arbeitsplatzes sind die Maßnahmen der Arbeitsorganisation von zentraler Bedeutung. Arbeitorganisatorische Maßnahmen lassen sich in aller Regel rasch umsetzen, da sie keine konstruktiven Änderungen des Arbeitsplatzes erfordern. Der bislang praktizierte Ansatz standardisierter Vorgaben für die Bemessung der Arbeitsanforderungen ist zu ergänzen mit einer flexiblen und individuellen Passung von Arbeitsanforderungen und Leistungsvermögen, um das unternehmerische Ziel einer möglichst weitgehenden Ausschöpfung menschlicher Leistungspotenziale als wesentlichen Beitrag zur Standortsicherung von Arbeitsplätzen erreichen zu können.

Den betrieblichen Vorgesetzten sind die zur Arbeitseinsatzsteuerung erforderlichen Hilfsmittel an die Hand zu geben. Dabei handelt es sich um Dokumentationssysteme der Arbeitsanforderungen und des Leistungsvermögens der Mitarbeiter (Leistungsbild). Die Erfassung der Dokumentationsinhalte und deren Nutzung sind als betrieblicher Prozess zu beschreiben und in den betrieblichen Handlungsabläufen verbindlich zu verankern.

2. Instrumente

2.1 Arbeitsplatzstrukturanalyse

Durch den Belastungswandel in der Arbeitswelt stehen heutzutage die mechanischen Arbeitsbelastungen im Fokus der Arbeitsmedizin und Arbeitswissenschaft. Eine krankheitsartenspezifische Darstellung des Arbeitsunfähigkeits- und Rehabilitationsgeschehens unterstreicht diesen Sachverhalt. Aber auch innerhalb der mechanischen Arbeitsbelastungen ist ein Wandel der Anforderungsstruktur zu beobachten. Belastungen wie die Lastenhandhabung, Aktionskräfte oder Schwingungen verlieren an Bedeutung. Hingegen treten die Haltungsarbeit und repetitiven Bewegungsabläufe in den Vordergrund. Die ergonomischen Messsysteme sind dieser Belastungsstruktur anzupassen und vom Erfassungsaufwand so auszulegen, dass sie mit der Veränderungsgeschwindigkeit der Arbeitsanforderungen Schritt halten können. Optimal wäre deren Verankerung in standardisierten Produktionssystemen, deren Vorgaben erfahrungsgemäß mit einer hohen Verbindlichkeit aktualisiert und umgesetzt werden. Summarisch lassen sich folgende Anforderungen an ergonomische Messsysteme auflisten:

- Ausrichtung an der aktuell relevanten Belastungsstruktur (Haltungsarbeit, etc.).

- Berücksichtigung additiver Wirkungen einzelner Belastungsmerkmale (z.B. Lastenhandhabung und Rumpfhaltung).
- Machbarkeit der Aktualisierung an Arbeitsplätzen mit einer hohen Veränderungsdynamik.
- Bewertungsskala mit einer allgemeinen Aussage zur Belastungshöhe ergänzt um eine Verknüpfung zu den betrieblichen Handlungserfordernissen im Hinblick auf Personaleinsatz, Arbeitsorganisation und Arbeitsplatzgestaltung.
- Hilfestellung beim Personaleinsatz leistungsgewandelter Belegschaftsmitglieder, d.h. Kompatibilität mit deren gesundheitlichem Leistungsprofil zur Unterstützung des Prozesses der beruflichen Rehabilitation.

Diese Vorgaben waren Grundlage für die Weiterentwicklung der Arbeitsplatzstrukturanalyse bei der AUDI AG, die zusätzlich für die Ermittlung der Belastungszulage der tariflichen Regelung ERA (Entgelt-Rahmen-Abkommen) benutzt wird.

2.2 Leistungsbild aus arbeitsmedizinischen Untersuchungen

Arbeitsmedizinische Untersuchungen haben mehrere Aufgaben zu erfüllen. Ein traditioneller Auslöser sind Eignungsbeurteilungen bei spezifischen Arbeitsbelastungen (Gefahrstoffexpositionen, etc.) oder Arbeitsaufgaben (Fahr und Steuertätigkeiten, etc.). Hinzu kommt die Prävention von Allgemeinerkrankungen sowie, insbesondere bei beruflichen Rehabilitationsverfahren, die Beschreibung des individuellen Leistungsbildes. Sofern aus gesundheitlichen Gründen nicht das gesamte Spektrum der potenziellen Arbeitsanforderungen abgedeckt werden kann, so werden Einschränkungen des Leistungsvermögens formuliert, die wiederum Bezug nehmen auf die korrespondierenden Anforderungen aus der Arbeitsplatzstrukturanalyse. Voraussetzung ist die Kompatibilität beider Profile.

3. Prozesse

Für das Funktionieren der Arbeitseinsatzsteuerung ist neben der Arbeitsplatzstrukturanalyse und den individuellen Leistungsbildern deren Verzahnung anhand betrieblicher Prozesse entscheidend. Folgende Schnittstellen und Begleitprozesse stehen in unmittelbarem Zusammenhang mit der Arbeitseinsatzsteuerung:

- Arbeitsplatzstrukturanalyse und deren Einbindung in standardisierte Produktionssysteme.
- Prozess der Begutachtung des Leistungsbildes im Zuge arbeitsmedizinischer Untersuchungen mit Sicherung der Begutachtungsqualität.
- Betriebliche Prozessschritte der beruflichen Rehabilitation (siehe Abbildung 1).
- Stufenweise Wiedereingliederung bei (zunächst) fortbestehender Arbeitsunfähigkeit.
- Ergonomieprozess, d.h. die Berücksichtigung gesundheitlicher Belange bei der Entwicklung von Produkten und der Planung von Arbeitsplätzen.
- Kontinuierlicher Verbesserungsprozess (KVP) zur Steigerung der Produktivität und zur Erweiterung der Beschäftigungsmöglichkeiten für leistungsgewandelte und/oder ältere Mitarbeiter.
- Kaskadenprinzip bei der Arbeitseinsatzsteuerung (siehe Abbildung 2).
- Innerbetriebliche Abrechnung bei sog. Minderleistung.

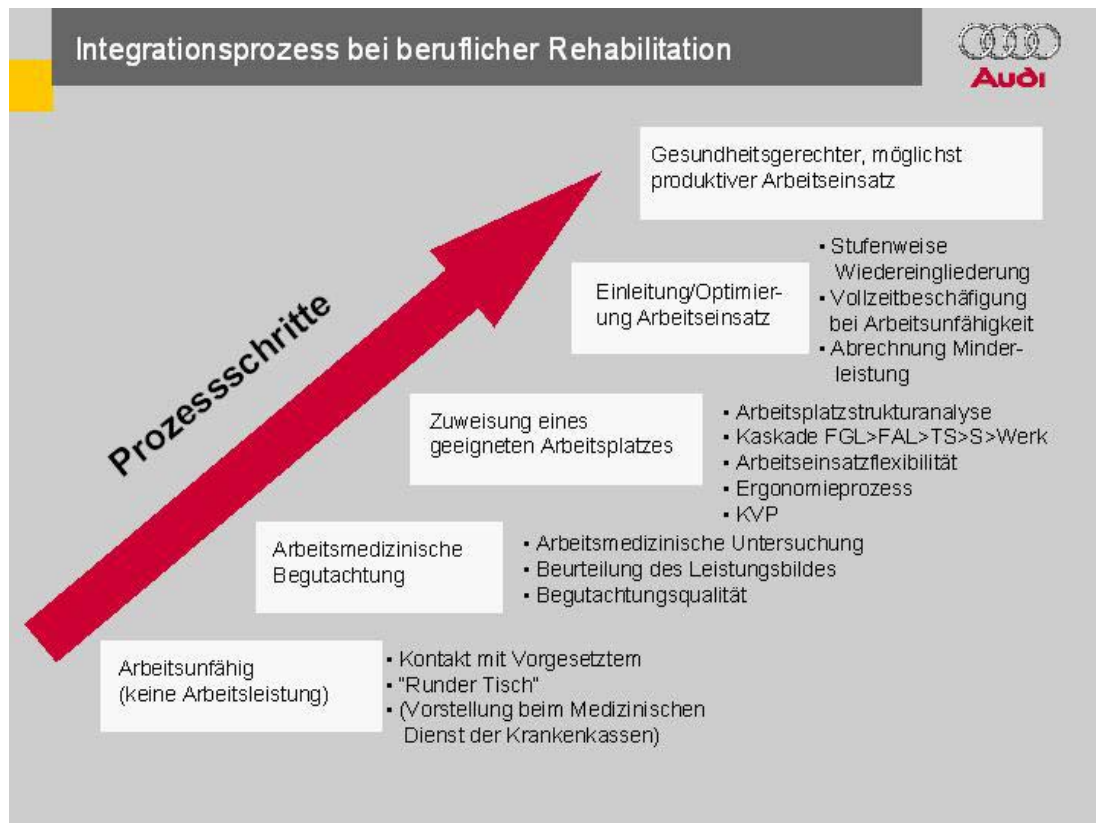


Abbildung 1: Betriebliche Prozessschritte der beruflichen Rehabilitation mit den dazugehörigen Begleitprozessen

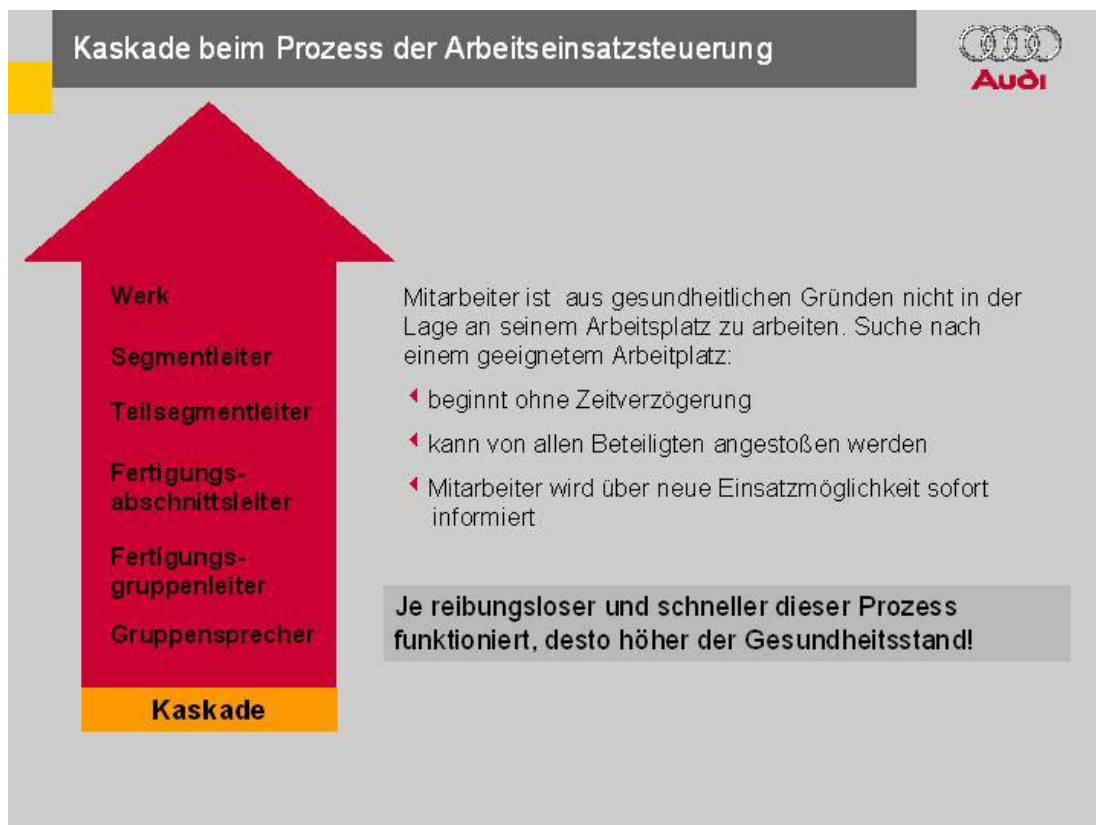


Abbildung 2: Abhängig von der Verfügbarkeit geeigneter Arbeitsplätze wird der betrachtete Arbeitsbereich schrittweise erweitert

Weg zur altersgerechten Arbeitszeitgestaltung

Sonia HORNBERGER

*AUDI AG, Personalpolitische Grundsatzfragen, I/SG-1,
D-85045 Ingolstadt*

Kurzfassung: Die demografische Entwicklung konfrontiert Unternehmen mit vielschichtigen Herausforderungen. Das Handlungsfeld der altersgerechten Arbeitszeitgestaltung spielt dabei eine zentrale Rolle. Unter dem Aspekt der Demografierrelevanz von bestehenden oder zu entwickelnden Arbeitszeitmodellen ist zu prüfen, inwieweit diese belastungsabhängig differenzierbar bzw. differenziert, in Abhängigkeit der individuellen Beanspruchung steuerbar/gesteuert, entsprechend der Lebensphasen gestaltbar/ gestaltet oder individuell bestimmbar/ bestimmt sind.

Schlüsselwörter: Arbeitszeit, Demografie, Gestaltungsparameter, Handlungsfelder.

1. Einleitung

Die demografische Entwicklung konfrontiert Unternehmen mit vielschichtigen Herausforderungen. Zum einen müssen sie sich aufgrund der geburtstarken Jahrgänge zwischen 1960 und 1965 und der geringen Anzahl der unter 30-Jährigen für die nächsten 20 Jahre auf eine im Durchschnitt immer ältere Belegschaft einstellen. Zum anderen wird der Wettbewerb um junge Fachkräfte, sei es Hochschulabsolventen oder Auszubildende, immer härter. Die Fähigkeit eines Unternehmens, Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter an sich zu binden, wird so zur wettbewerbsrelevanten Qualität.

Gleichzeitig haben sich eben diese jungen Nachwuchskräfte aufgrund der gesetzlichen Anpassungen an die demografische Entwicklung, hier vor allem die Abschaffung staatlich geförderter Vorruhestandsregelungen und Anhebung des gesetzlichen Renteneintrittsalters, auf eine deutlich längere Berufslebensphase als ihre Eltern einzustellen.

2. Betriebliche demografiebezogene Handlungsfelder am Beispiel der AUDI AG

Als das zentrale, übergeordnete Ziel betrieblicher demografiebezogener Gesamtstrategien kann der Erhalt der Gesundheit, Leistungs- und Arbeitsfähigkeit der Beschäftigten bis ins Rentenalter genannt werden. Die grundsätzlichen, dazu notwendigen Maßnahmen und Handlungsfelder – Arbeitsorganisation, Kompetenzentwicklung, Gesundheitsförderung und Führung – wurden bereits Ende der 90er Jahre von finnischen Wissenschaftlern identifiziert und dienen seitdem als Orientierung in der Forschung als auch in der Praxis (vgl. z.B. Ilmarinen & Tempel 2002).

Die AUDI AG stellte sich diesen Herausforderungen, als in der im Jahr 2005 von den Betriebs- und Tarifparteien unterzeichneten Vereinbarung „Zukunft Audi - Leistung, Erfolg, Beteiligung“ zur Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit und der Beschäftigung auch die Erarbeitung und Umsetzung von Maßnahmen zur Bewältigung der demografischen Entwicklung vereinbart wurden.

Im Rahmen des von der Geschäftsleitung und dem Betriebsrat gemeinsam initiierten Projektes „Demografischer Wandel“ wurde in der ersten Phase ein mehrdimensionales Interventions- und Gestaltungskonzept entwickelt. Im Projekt wurden die folgenden vorrangigen Handlungsfelder definiert (näheres vgl. Widuckel 2006):

- Umfassende Förderung der Beschäftigungs- und Leistungsfähigkeit der Beschäftigten mit den drei wichtigsten Ressourcen Kompetenz, Gesundheit und Motivation,
- Steuerung der Personalkapazitäten und Personalstrukturen in allen Phasen der Beschäftigtenbindung, insbesondere Einstellungs- und Versetzungspolitik sowie Gestaltung der Lebensarbeitszeit,
- Gesundheitsgerechte und wettbewerbsfähige Gestaltung von Leistungsbedingungen im Sinne einer präventiven Arbeitsgestaltung.

Als Fundamente für eine effektive Umsetzung dieser Maßnahmen wurden die Handlungsfelder

- Förderung der Eigenverantwortung, Engagement und Selbstwirksamkeit der Beschäftigten, sowie
- Alternsgerechtes Führungsverhalten und wertschätzende Unternehmenskultur, festgelegt.

Im Januar 2008 startete das Projekt in eine neue Phase, in der die Konkretisierung der Handlungsbedarfe in einzelnen Geschäftsbereichen des Unternehmens, die schrittweise Umsetzung von Maßnahmen und die Einbettung der Aktivitäten in die Geschäftsprozesse realisiert werden sollen.

3. Was bedeutet eigentlich „alternsgerechte“ Arbeitszeitgestaltung?

Das Handlungsfeld der alternsgerechten Arbeitszeitgestaltung spielt bei der Bewältigung des demografischen Wandels eine zentrale Rolle. Was aber bedeutet eine „alternsgerechte“ Arbeitszeitgestaltung eigentlich? Wie kann eine „alternsgerechte“ Arbeitszeit erreicht werden?

Wie zu Anfang des Beitrages dargestellt, zeichnen sich die Konsequenzen des demografischen Wandels für die Betriebe zum einen durch Alterung der Belegschaft und zum anderen durch Knappheit an jungen Fachkräften. So kann als Konsequenz die Anforderung formuliert werden, dass eine demografierelevante Arbeitszeitgestaltung sowohl einen Beitrag zum Erhalt der Gesundheit und Leistungsfähigkeit der Beschäftigten liefern als auch zur Attraktivität der Arbeitsbedingungen für Fachkräfte und zu ihrer Bindung an das Unternehmen beisteuern soll.

Die Lösungen, die zur alternsgerechten Arbeitszeitgestaltung in der Fachliteratur diskutiert werden (z.B. zeitautonome Gruppen, Teilzeit, Sabbatical, ergonomische Schichtplangestaltung, Reduzierung der Nachtarbeit, Lebensarbeitszeitkonto, Pausengestaltung usw.), scheinen jedoch auf den ersten Blick nicht neu zu sein (vgl. z.B. Zimmermann 2002; Morschhäuser et al. 2005; Knauth 2007). Dennoch können sie für die betriebliche Praxis auf dem Weg zur Bewältigung des demografischen Wandels von entscheidender Bedeutung sein. Ausschlaggebend ist es, diejenigen gestalterischen Maßnahmen zu identifizieren, in denen für den jeweiligen Betrieb bzw. seine Teile ein demografierelevanter Handlungsbedarf besteht.

4. Aspekte der Demografierrelevanz in der Arbeitszeitgestaltung

Die Arbeitszeit wird grundsätzlich in den Parametern Lage, Dauer, Beginn und Ende, Flexibilität und Verfügungsrecht gestaltet (näher vgl. Hornberger & Knauth 2000). Dementsprechend sind in den Betrieben nicht selten eine Fülle an Arbeitszeitmodellen zu finden.

Der Ausgangspunkt der Demografiebetrachtung sind daher eine Bestandsaufnahme der bestehenden Arbeitszeitmodelle und -regelungen sowie der aktuelle und der künftige Bedarf anhand von z. B. Entwicklungsprognosen, Mitarbeiteraussagen und Expertisen. Das Interesse der Beschäftigten für bestimmte Arbeitszeitregelungen und ihre tatsächliche Nutzung klaffen nicht selten auseinander. Aus diesem Grund kann als nächster Schritt die Analyse der Nutzungshemmnisse aufschlussreiche Erkenntnisse auf dem Weg zur alternsgerechten Arbeitszeitgestaltung bringen.

Die Demografierrelevanz wird bei diesen Analysen wie ein Sichtfilter über die betrieblichen Arbeitszeitregelungen gelegt (Abbildung 1). Unter dem Aspekt der Demografierrelevanz wäre z.B. zu analysieren, inwieweit diese belastungsabhängig differenzierbar bzw. differenziert, in Abhängigkeit der individuellen Beanspruchung steuerbar/gesteuert, entsprechend der Lebensphasen gestaltbar/gestaltet oder individuell bestimmbar/bestimmt sind.

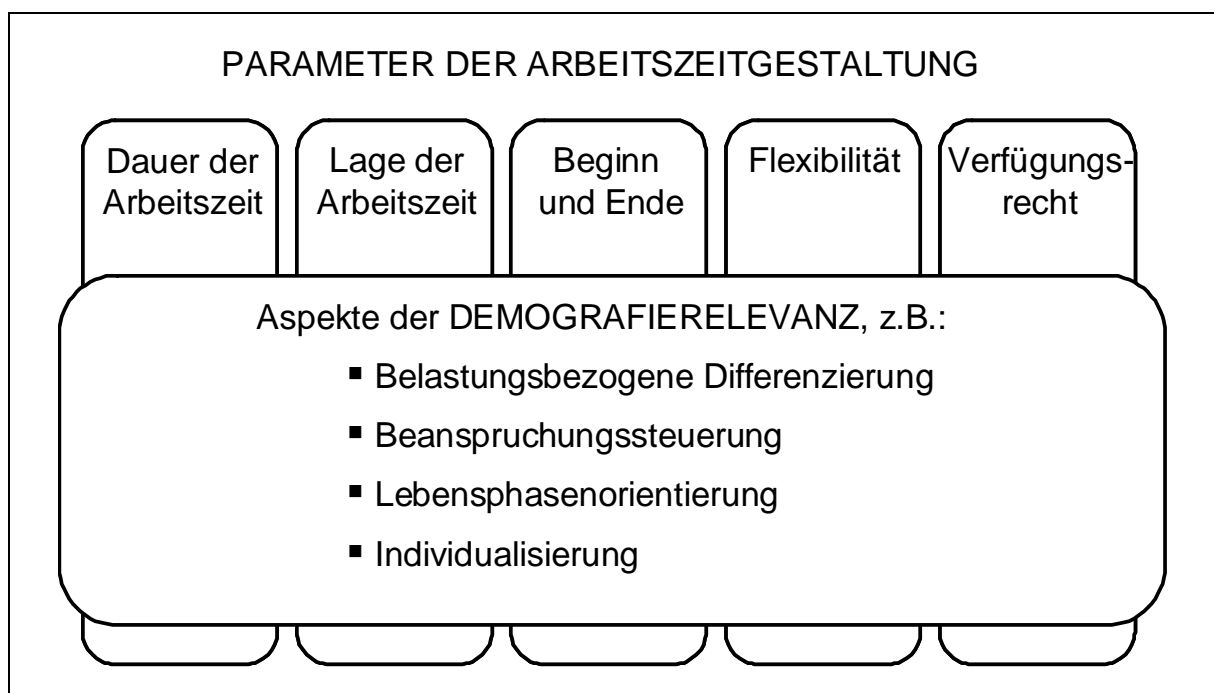


Abbildung 1: Betrachtungsfokus Demografie in der Arbeitszeitgestaltung

Als ein Praxisbeispiel können hier Erfahrungen aus dem Projekt „Individuelle Arbeitszeitflexibilität“ bei Audi genannt werden. Im Rahmen dieses Projektes wurden unter anderem die bereits bestehenden Modelle Teilzeit und Sabbatical unter dem Aspekt Demografie betrachtet. Die Analysen der betrieblichen Daten und anschließenden Befragungen von Beschäftigten zeigten, dass z. B. die Sabbaticalregelung von den Älteren kaum genutzt wurde, insbesondere weil diese durch die lange Freistellungsphase (2-18 Monate) einen Verlust des Anschlusses an die Gruppe befürchteten. Da jedoch unter dem Aspekt der individuellen Beanspruchungsreduktion im Alter vor allem kürzere Auszeiten sinnvoll wären, wurde daraufhin auch eine

1-monatige Länge der Freistellungsphase in die Regelung aufgenommen und an die Beschäftigten entsprechend kommuniziert. Ferner war bezüglich der Nutzung von Teilzeit der Handlungsbedarf weniger in der Regelung selber als in der Kommunikation über die vielzähligen individuellen Gestaltungsmöglichkeiten gelegen.

5. Fazit

Die Demografie als Betrachtungsfokus ist nicht nur bei der „alternsgerechten“ Gestaltung der Arbeitszeit erforderlich. Für eine erfolgreiche Bewältigung des demografischen Wandels in den Betrieben ist es genauso unabdingbar, dass die an Personalentscheidungen und Arbeitsgestaltung beteiligten Akteure den Blickwinkel der demografiebezogenen Relevanz in den Entscheidungs- und Gestaltungsprozessen in allen Bereichen und auf allen Ebenen einnehmen. Die demografiebezogene Relevanz muss zu einer Art Filter werden, durch die die Projekte, Konzepte, Maßnahmen sowie alltäglichen Entscheidungen unter die Lupe genommen, auf demografiespezifische Wirkung überprüft und eben unter diesem Aspekt „fein justiert“ werden.

6. Literatur

1. Hornberger, S. & Knauth, P. 2000, Innovative Flexibilisierung der Arbeitszeit. In: P. Knauth & G. Zülch (Hrsg.), Innovatives Arbeitszeitmanagement. Aachen: Shaker Verlag, 23-49.
2. Ilmarinen, J. & Tempel, J. 2002, Arbeitsfähigkeit 2010. Hamburg: VSA-Verlag.
3. Knauth, P. 2007, Arbeitszeitgestaltung für die alternde Belegschaft. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg.), Die Kunst des Alterns. Dortmund: GfA Press, 27-43.
4. Morschhäuser, M., Ochs, P. & Huber, A. 2005, Erfolgreich mit älteren Arbeitnehmern. Strategien und Beispiele für betriebliche Praxis. Gütersloh: Verlag Bertelsmann Stiftung.
5. Widuckel, W. 2006, Gestaltung des demografischen Wandels als unternehmerische Aufgabe der Audi AG. In: J.U. Prager & A. Schleiter (Hrsg.), Länger leben, arbeiten und sich engagieren. Gütersloh: Verlag Bertelsmann Stiftung, 117-132.
6. Zimmermann, E. 2002, Chancen und Risiken innovativer Arbeitszeitmodelle für ältere Arbeitnehmer. In: B. Badura, H. Schellschmidt & C. Vetter (Hrsg.), Fehlzeiten-Report 2002 - Demographischer Wandel: Herausforderung für die betriebliche Personal- und Gesundheitspolitik. Berlin: Springer-Verlag, 167-183.

Arbeitswissenschaftliche Methoden im Planungs- und Fertigungsprozess

Thomas BOGUS und Rudolf DORN

*Audi AG, Industrial Engineering und Produktionssysteme,
D-85045 Ingolstadt*

Kurzfassung: Auf Grund gestiegener Produktivitätsanforderungen sowie des demografischen Wandels gewinnt die Ergonomieverbesserung in der Produktion zunehmend an Bedeutung. Hierzu wurde bei der Audi AG die Methode APSA zur Ergonomiebewertung entwickelt und flächendeckend in der Fertigung angewendet. In der Fertigungsplanung wird sie zur Messung und Verbesserung der Güte der Arbeitsplatzgestaltung eingesetzt.

Schlüsselwörter: Ergonomiebewertung, Ergonomieverbesserung, KVP, Arbeitsplatzgestaltung.

1. Anforderungen an die Arbeitsplatzgestaltung

Im Zuge gestiegener Produktivitätsanforderungen in der Automobilindustrie kommt der ergonomischen Arbeitsplatzgestaltung eine verstärkte Bedeutung zu. Zwei Gründe sind dafür maßgeblich: Ergonomisch optimal gestaltete Arbeit korreliert eindeutig positiv mit hoher Produktivität. Nachhaltige Produktivität ist zudem nur erreichbar, wenn der Mitarbeiter aufgrund der körperlichen (ergonomischen) Belastung langfristig weder über- noch unterfordert wird. Die Leistungsfähigkeit des Mitarbeiters ist deshalb bei Umgestaltungen im KVP-Prozess zu beachten. Produktivitätsorientierung in diesem Sinne heißt daher auch, alle Mitarbeiter produktiv einzusetzen und deren Fähigkeitspotenziale auszuschöpfen.

Die Beachtung der Mitarbeiterstrukturen ist auch im Hinblick auf den demografischen Wandel und der damit einhergehenden älter werdenden Belegschaft von Bedeutung. Bisherige Strategien, wie Frühverrentung oder Einsatz älterer und leistungsgewandelter Mitarbeiter in Vormontagen, werden zur Bewältigung nicht mehr ausreichen, wenn ein Großteil der Belegschaft älter als 50 Jahre ist. Die Potenziale zur Verbesserung der Ergonomie in der Linienfertigung müssen auch aus diesem Grund deutlich besser ausgeschöpft werden als bisher (Kistler et al. 2006)

Voraussetzung hierfür ist zum einen die genaue Kenntnis der Fähigkeiten der Belegschaft sowie deren prognostizierte Veränderung im Planungshorizont als auch ein nach korrelierenden Kriterien aufgebautes Ergonomiebewertungssystem, welches die Messung der Ergonomiegüte wie auch die Messung von Ergonomieverbesserungen ermöglicht. Die Entwicklung und Implementierung einer solchen Bewertungsmethodik kann aufgrund dieses zweiseitigen Aspektes - Arbeitsbelastung und Arbeitsfähigkeiten - nur in engster Zusammenarbeit des Industrial Engineering und der Arbeitsmedizin erfolgen.

2. Die Ergonomiemethode APSA

Ausgangspunkt der Implementierung war die bisherige Eigenentwicklung der sog.

Arbeitsplatzstrukturanalyse APSA (Hilla & Stork 2004). Ergänzt wurden die bisherigen APSA-Kriterien mit Bezug zur Einsatzfähigkeit leistungsgewandelter Mitarbeiter um eine erweiterte Systematik von Ergonomiekriterien, die eine gestufte Bewertung der Ergonomiegüte sowohl einzelner Belastungsarten als auch die Gesamtbewertung des Arbeitsplatzes zulassen.

- Anforderungen der AUDI AG an die Methode waren folgende:
- Sicherstellung der Einhaltung gesetzlicher Grenzwerte bzw. Normen
- Ganzheitlichkeit: alle relevanten körperlichen Belastungsarten sollen messbar sein
- Einfache Handhabbarkeit: eine flächendeckende Bewertung aller rund 8.000 Arbeitsplätze in der direkten Fertigung muss mit akzeptablem Zeitaufwand möglich sein
- Möglichkeit zur Integration in die bisherige APSA Systematik.

Ausgangspunkt der Ergonomiebewertungsmethode war das Automotive Assembly Worksheet (AAWS) (Schaub 2004). In Eigenentwicklung wurde diese Basis an die internen Anforderungen angepasst. So wurden beispielsweise die Kriterien der Körperhaltung spezifiziert und so die Kompatibilität mit dem System der arbeitsmedizinischen Beurteilung der Mitarbeiter hergestellt.

Die Bewertungsmethodik APSA ist grundsätzlich für die Messung zyklischer und getakteter Fertigungsprozesse geeignet und somit für mehr als 90% aller Fertigungsarbeitsplätze. Grenzen der Methode bezüglich der Validität und Genauigkeit sind extrem lange Taktzeiten bzw. langzyklisch auftretende Belastungen. In letzteren Fällen kann eine ergonomische Überlastung meist ausgeschlossen werden, weshalb die Methodik bei solchen Arbeitsplätzen nicht zur Anwendung kommt und auch i.d.R. kein Handlungsbedarf zur Bewertung erforderlich ist.

Die Methode liefert Grenzwerte zur (langfristigen) Erträglichkeit der Arbeitsbelastung. Die Interpretation der Ergebnisse wird in einem Ampelschema für die Anwender mit folgenden erweiterten Hinweisen zusammengefasst:

- Erfordernis zur Gestaltungsverbesserung des Arbeitsplatzes
- Empfehlungen für die Arbeitsorganisation (Rotation)
- Empfehlungen für die Auswahl von leistungsgewandelten Mitarbeitern
- Empfehlungen für die Auswahl speziell geeigneter Mitarbeiter

3. Implementierung

Im ersten Schritt wurde die neue Bewertungsmethode im laufenden Fertigungsprozess implementiert. Katalysator für eine flächendeckende Anwendung war die für das Jahr 2007 vorgesehene Einführung des neuen Entgelttarifvertrages ERA bei der AUDI AG. Die tariflichen Regelungen zur Bewertung sogenannter Muskelbelastungen sind zu den arbeitswissenschaftlich definierten Ergonomiekriterien in APSA

synonym. Aus diesem Grunde werden bei der AUDI AG die Ergebnisse der Ergonomiebewertung als Maßstab zur Tarifizulage "Muskelbelastung" herangezogen.

Eine erfolgreiche und akzeptierte Einführung der Methode - bzw. die Belastbarkeit der Ergebnisse - hängt wesentlich von der Qualifizierung und Anwendungssicherheit der damit beauftragten Mitarbeiter ab. So wurde die Qualifizierung von Beginn an auf eine breite Basis gestellt. Ca. 60 Mitarbeiter des dezentralen Industrial Engineering, als Ermittler der Ergonomiegüte, wurden in mehrtägigen Schulungen qualifiziert und bei ersten Bewertungen durch die Fachspezialisten des zentralen IE begleitet. Ein regelmäßiger Austausch und die Validierung der Ergebnisse ergänzten diesen Pro-

zess. Die Ergebnisse werden in einem Datenbanksystem von den IE-Mitarbeitern dokumentiert und sind für die Anwender verfügbar und auswertbar.

Parallel wurden auch die rund 500 Nutzer der Ergebnisse - alle mit der Personaleinsatzsteuerung befasste Mitarbeiter: Betriebliche Vorgesetzte, Betriebsärzte, Personalreferenten und Betriebsräte - in halbtäglichen Schulungen qualifiziert.

Von den ca. 8000 analysierten Arbeitsplätzen in den Standorten Ingolstadt und Neckarsulm sind nach Ampelschema rund 4/5 grün und knapp 1/5 gelb. Als rote Arbeitsplätze identifiziert wurden weniger als 3%. Ein Indiz dafür, dass ergonomische Arbeitsplatzgestaltung bei der AUDI AG schon immer eine hohe Priorität besitzt.

4. Anwendungen

4.1. Serie

Im Serienfertigungsprozess werden die Ergebnisse der Ergonomiebewertung für mehrere Zwecke verwendet:

- Ansätze für Gestaltungsverbesserungen im Rahmen des KVP-Prozesses
- Überprüfung der Ergonomiegüte bei Umgestaltungen
- Hinweise für eine erforderliche verhaltensergonomische Schulung der Mitarbeiter
- Einsatzsteuerung von leistungsgewandelten Mitarbeitern

Eine Aktualisierung der Ergebnisse erfolgt einmal jährlich, sofern relevante Änderungen des Arbeitsplatzes eingetreten sind.



Abbildung 1: Gestaltungsverbesserung in einem Planungs-Workshop: Einbringen des Reserverads über eine Rollenbahn

4.2. Planung

Darüber hinaus wird die Bewertungsmethode im Sinne einer konzeptiven Ergonomie im Planungsprozess verwendet. In Prozessworkshops werden bereits 1½ bis 2 Jahre vor Produktionsstart die Arbeitsabläufe simuliert und mit Hilfe der Ergonomiebewertung ergonomisch verbessert. Es wird objektiv aufgezeigt, an welchen Arbeitsplätzen ergonomische Verbesserungen erforderlich sind und entsprechende

Gestaltungsmaßnahmen ausgelöst. Beispielsweise konnte das manuelle Einbringen des Reserverades in den Kofferraum nur mit ungünstigen Zwangshaltungen bei der Lastenhandhabung ausgeführt werden (Ergonomiebewertung gelb). Abbildung 1 zeigt die Gestaltungsverbesserung mittels Hilfsvorrichtung (Ergonomiebewertung grün).

In den aktuellen Neuanläufen konnten messbare Verbesserungen der Ergonomiegüte im Vergleich zum Erstplanungsstand erreicht werden. 1/3 aller Arbeitsplätze der Montage wurden durch Umgestaltung erfolgreich verändert und ergonomisch verbessert.

Um die Ergonomie im Planungsfall zudem auf eine breite Basis zu stellen, wurde eine große Anzahl an Planungsmitarbeitern in der Anwendung der Methode APSA sowie der Ergebnisinterpretation und Ergonomieverbesserung geschult. Die Schulungen werden über die im Jahr 2006 gegründete Planungsakademie der AUDI AG organisiert und regelmäßig durchgeführt.

5. Ausblick

Die Potenziale der Methode für den Planungsprozess sollen zukünftig noch weiter ausgeschöpft werden. Ziel ist es, bekannte kritische Bauumfänge zukünftig konstruktiv zu vermeiden und eine systematische ergonomische Konstruktionsbeeinflussung zu erreichen. Eine fachlich strukturierte Ergonomiekritik gibt dem Entwickler verwertbare Ansätze für Gestaltungsänderungen und kann auch die Priorisierung der Ergonomie gegenüber anderen Lastenheftanforderungen bewirken.

6. Literatur

1. Kistler, E., Ebert, A., Guggemos, P., Lehner, M., Buck, H. & Schletz, A. 2006, Altersgerechte Arbeitsbedingungen - Machbarkeitsstudie (Sachverständigengutachten). Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, 93-99.
2. Hilla, W. & Stork, J. 2004, Einsatz arbeitswissenschaftlicher Methoden im Rahmen des betrieblichen Gesundheitsmanagements. In: K. Landau (Hrsg.), Montageprozesse gestalten. Stuttgart: Ergonomia, 221-232.
3. Schaub, K.-G. 2004, Das "Automotive Assembly Worksheet" (AAWS). In: K. Landau (Hrsg.), Montageprozesse gestalten. Stuttgart: Ergonomia, 91-112.

Prävention eingeschränkter Beschäftigungsfähigkeit durch ein Gesundheitsförderungsprogramm bei übergewichtigen Auszubildenden in der Automobilindustrie

Mechthild HEINMÜLLER, Julia MEIDENBAUER, Wolfgang HILLA, Joachim STORK, Harald GÜNDEL, Dennis NOWAK und Peter ANGERER

*Institut und Poliklinik für Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin,
Universität München, Ziemssenstr. 1, D-80336 München*

Kurzfassung: Die Zunahme von Übergewicht und Adipositas bei Kindern und Jugendlichen verbunden mit Einschränkungen der körperlichen Fitness und Beweglichkeit macht sich auch bei jungen Auszubildenden bemerkbar. In einigen Branchen (z.B. Automobilbranche) wird diese Entwicklung als besonders problematisch angesehen, da für bestimmte berufliche Anforderungen, z.B. Montagearbeiten in beengten räumlichen Verhältnissen, mangelnde Fitness und Adipositas zum einen hinderlich sind, und sie zum anderen – neben dem erhöhten Risiko für die Entstehung kardiovaskulärer Erkrankungen – die möglichen Auswirkungen beruflicher Belastungen auf die Entstehung muskuloskelettaler Beschwerden bzw. Erkrankungen weiter steigern können. Ein weiterer Aspekt ist die adipositasinduzierte Einschränkung von (beruflichem) Leistungsvermögen, Einsatzflexibilität und Produktivität. Aus primärpräventiven Erwägungen wurde daher bei einem großen deutschen Automobilhersteller ein multimodales Gesundheitsförderungsprogramm für Auszubildende aufgelegt, das durch Verhaltens- und Verhältnisprävention eine Gewichtsnormalisierung sowie eine Verbesserung von Fitness und Beweglichkeit anstrebt, mit dem Ziel des langfristigen Erhalts der Einsatz- und Arbeitsfähigkeit. Erste Ergebnisse werden Anfang 2008 erwartet.

Schlüsselwörter: Übergewicht, Jugendliche, Bewegungsapparat, betriebliche Gesundheitsförderung, Beschäftigungsfähigkeit.

1. Einleitung

Angesichts der weltweiten Zunahme der Zahl Übergewichtiger und Adipöser zählt die WHO Übergewicht und Adipositas zu den schwerwiegendsten Gesundheitsrisiken des Jahrhunderts. Kinder und Jugendliche sind davon besonders betroffen. Verglichen mit den Jahren 1985–1989 gibt es in Deutschland heute 50% mehr Kinder und Jugendliche mit Übergewicht und doppelt so viele mit Adipositas (Robert Koch-Institut 2006). Eine 2006 erschienene amerikanische Studie belegt im 10-Jahres-Vergleich (1990-1992 vs. 2000-2002) eine signifikante Zunahme des Körperfettanteils und eine Abnahme der körperlichen Fitness in allen Altersgruppen neu eingestellter Mitarbeiter eines Industriebetriebs (Harbin et al. 2006). Diese Entwicklung hat – insbesondere vor dem Hintergrund einer immer längeren Lebensarbeitszeit – Auswirkungen auf Gesundheit und Leistungsvermögen von Arbeitnehmern und stellt für Unternehmen einen zunehmenden Kostenfaktor dar.

Übergewicht und Adipositas gehen nicht nur mit einem erhöhten Risiko für Herzinfarkt, Schlaganfall und Diabetes einher (Janssen et al. 2002) sondern stellen auch

einen Risikofaktor für die Entstehung von muskuloskelettalen Beschwerden, Kniegelenksarthrosen (Felson 1991) und die Chronifizierung von Rückenschmerzen (Fransen et al. 2002) dar. Berufliche Tätigkeiten, die mit belastenden Körperhaltungen einhergehen, z.B. Montagetätigkeiten in Verbindung mit Haltsarbeit, tragen zu einer weiteren Risikoerhöhung bei. Übergewicht im Jugendalter scheint die Erkrankungsmanifestation zu begünstigen, weshalb aus primärpräventiven Erwägungen eine frühzeitige Kontrolle des Körpergewichts anzustreben ist.

Jugendliche Auszubildende, die Zielgruppe des vorliegenden Präventionsprogramms, befinden sich einerseits in einer Lebensphase, in der sich grundlegende Gewohnheiten hinsichtlich Ernährungs- und Bewegungsverhalten verfestigen, und sind andererseits über Schule und Ausbildungstätte gut erreichbar, weshalb ein Präventionsprogramm in dieser Zielgruppe sinnvoll und gut durchführbar erscheint.

2. Methode

2.1 Kooperationsstruktur

Das Präventionsprojekt mit einer Laufzeit von 2 Jahren und wird seit Frühjahr 2007 bei der Audi AG Ingolstadt vom Institut und Poliklinik für Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin der LMU München in Kooperation mit dem Audi Bildungswesen und dem betriebsärztlichen Dienst von Audi sowie der Medizinischen Hochschule Hannover und der Katholischen Universität Eichstätt für die Einstellungsjahrgänge 2006 und 2007 durchgeführt. Das BMBF unterstützt den wissenschaftlichen Teil, die Audi BKK die praktische Durchführung finanziell.

Hintergrund ist der in den letzten Jahren kontinuierlich steigende Anteil übergewichtiger Auszubildender bei der Audi AG, der im Ausbildungsjahrgang 2006 23% und im Ausbildungsjahrgang 2007 24% betrug. Um Folgeerkrankungen zu verhindern und Gesundheit und Leistungsvermögen ihrer Belegschaft zu erhalten, möchte die Audi AG frühzeitig einen Hauptrisikofaktor für Einschränkungen und Erkrankungen im späteren Lebensalter reduzieren und unterstützt daher das Projekt.

2.2 Interventionsziele und Kollektiv

Durch verhältnispräventive Maßnahmen soll der Entstehung von Übergewicht vorgebeugt werden. Diese Maßnahmen werden allen Auszubildenden des Einstellungsjahrganges 2006 zuteil und umfassen einen Gesundheitsunterricht an der Berufsschule, ein umfangreiches Sportangebot sowie eine Verbesserung des Speisensangebotes in der Kantine.

Durch verhaltenspräventive Maßnahmen wird eine Reduktion von bestehendem Übergewicht angestrebt. An diesen Maßnahmen können nur Auszubildende der Einstellungsjahrgänge 2006 und 2007 mit einem BMI ≥ 25 auf freiwilliger Basis teilnehmen. Es werden eine Ernährungsberatung und ein Sportprogramm (= Standardintervention) sowie für die Hälfte der Teilnehmer im Rahmen einer randomisierten Studie zusätzlich ein sog. „Life skill training“ (= Intensivintervention) durchgeführt. Aus den Einstellungsjahrgängen 2006 und 2007 nehmen 50 von 227 übergewichtigen Auszubildenden an dem Programm teil.

2.3 Evaluation

Nach der schriftlichen Einverständniserklärung erfolgt die Einbestellung zur ärztlichen und psychologischen Untersuchung. Dieser Checkup, der nach einem und nach zwei Jahren wiederholt wird, besteht aus zwei Einzelterminen:

Termin 1: Standardisiertes ärztliches Interview zur Erhebung soziodemographischer Daten, der Familien-, Genussmittel- und Ernährungsanamnese und des Bewegungs-, Sport- und Freizeitverhaltens sowie körperliche Untersuchung, ernährungsmedizinische Basisdiagnostik (Körperfettanalyse, Ausgabe von Ernährungsprotokollen) und sportmedizinische Leistungsdiagnostik mittels Spiroergometrie.

Termin 2: Nüchternblutentnahme zur Erfassung des metabolischen Risikos. Anschließend psychometrische Testung durch den mitarbeitenden Psychologen.

Die zu den drei Untersuchungszeitpunkten (2007, 2008 und 2009) erhobenen biologischen und psychologischen Messgrößen werden zum einen zwischen den beiden Interventionsgruppen (Standardintervention, n=30; Intensivintervention, n=30) verglichen, zum anderen mit einer Vergleichsgruppe von übergewichtigen Auszubildenden in Neckarsulm, die keine Intervention erhalten.

Die Effekte der verhältnispräventiven Maßnahmen werden durch Vergleich der routinemäßig erhobenen Daten zum BMI zwischen dem Untersuchungskollektiv (gesamter Einstellungsjahrgang 2006) und dem entsprechenden Jahrgang im Werk Neckarsulm (Kontrollkollektiv) evaluiert.

2.4 Interventionsmethoden

Der verhältnispräventive Teil des Projektes beinhaltet einen Gesundheitsunterricht in der Berufsschule für alle Auszubildenden des Einstellungsjahrganges 2006 zur Vermittlung von Wissen über salutogenes Verhalten. Themen des Gesundheitsunterrichts sind u.a. gesunde Ernährung, Sportmedizin, Übergewicht und Suchtverhalten. Der Unterricht wird in eigens dafür konzipierten Unterrichtseinheiten z.T. von der Katholischen Universität Eichstätt durchgeführt.

Zur Verbesserung des Kantinenessens wurden das Angebot der Kantine und des angeschlossenen SB-Shops analysiert und Verbesserungsvorschläge erarbeitet. Im November 2007 erfolgte für vier Wochen eine probeweise Umstellung von Angebot und Preisstruktur des Kantinenessens bzw. der im SB-Shop angebotenen Produkte. Mittels eines Fragebogens wurden die Zufriedenheit mit dem veränderten Angebot sowie evtl. Verbesserungsvorschläge erfragt, um künftig gesunde Mahlzeiten anbieten zu können, die von der Zielgruppe auch angenommen werden.

Die verhaltenspräventive Intervention zur Prävention von Übergewicht und Adipositas orientiert sich in Inhalt und Frequenz an der Leitlinie der Arbeitsgemeinschaft Adipositas im Kindesalter (a-g-a) sowie den Empfehlungen der Deutschen Gesellschaft für Ernährung (DGE). Jeder Teilnehmer erhält im Anschluss an den Gesundheitscheck (s.o.) eine ärztliche Beratung, in der die Untersuchungsergebnisse und die Ernährungsprotokolle besprochen und individuelle Empfehlungen gegeben werden. Anschließend beginnt die Ernährungsberatung in Gruppen (22 Doppelstunden über 2 Jahre), die auch Bewegungs- und verhaltenstherapeutische Elemente enthält und speziell auf die Bedürfnisse von Jugendlichen zugeschnitten ist. Die Schulungen werden von einer Ärztin bzw. einer Ernährungswissenschaftlerin durchgeführt und finden in der Freizeit statt.

Das Sportprogramm (1,5 h/Woche) wird ab Januar 2008 von einer Sportpädagogin mit Erfahrung im Training von Übergewichtigen durchgeführt. Angeboten wird ein

Ausdauertraining mit Elementen aus dem Kraftsport. Zusätzlich wurde für die Studienteilnehmer ein Fitnessraum mit Tischtennisplatte, Hometrainer, Stepper etc. eingerichtet.

Das „Life-skill-training“ unter Leitung eines in der Jugendarbeit erfahrenen Verhaltenstherapeuten findet an vier Projekttagen in Gruppen zu je 15 Teilnehmern statt. Mittels videogestützter Rollenspiele, Gruppenarbeit und praktischen Übungen sollen das Selbstbewusstsein gestärkt und soziale Kompetenzen vermittelt und eingeübt werden. Dieser Interventionsteil wird nur der Hälfte der Studienteilnehmer nach randomisierter Zuteilung angeboten.

2.5 Fragestellung

In einer Querschnittsanalyse der Basisevaluation soll neben der Deskription des Kollektivs die Frage beantwortet werden, ob sich übergewichtige Auszubildende, die üblicherweise nicht Zielgruppe von Interventionsprogrammen sind, unter gesundheitlichen bzw. psychosozialen Aspekten von adipösen unterscheiden.

3. Literatur

1. Bibbins-Domingo, K., Coxson, P., Pletcher, M.J., Lightwood, J. & Goldman, L. 2007, Adolescent overweight and future adult coronary heart disease, *New England Journal of Medicine*, 357, 2371-2379.
2. Felson, D.T., Hannan, M.T., Naimark, A., Berkeley, J., Gordon, G., Wilson, P.W. & Anderson, J. 1991, Occupational physical demands, knee bending, and knee osteoarthritis: results from the Framingham Study, *The Journal of Rheumatology*, 18, 1587-1592.
3. Fransen, M., Woodward, M., Norton, R., Coggan, C., Dawe, M. & Sheridan, N. 2002, Risk factors associated with the transition from acute to chronic occupational back pain, *Spine*, 27, 92-98.
4. Harbin, G., Shenoy, C. & Olson J. 2006, Ten-Year Comparison of BMI, Body Fat, and Fitness in the Workplace, *American Journal of Industrial Medicine*, 49, 223-230.
5. Janssen, I., Katzmarzyk, P.T. & Ross, R. 2002, Body mass Index, waist circumference, and health risk: evidence in support of current National Institutes of Health guidelines, *Archives of Internal medicine*, 162, 2074-2079.
6. Robert Koch-Institut (Hrsg.) 2006, Erste Ergebnisse der KIGGS-Studie zur Gesundheit von Kindern und Jugendlichen in Deutschland. Berlin: druckpunkt, 27-30.
7. Tsai, S.P., Gilstrap, E.L., Cowles, S.R., Waddell, L.C. & Ross, C.E. 1992, Personal and job characteristics of musculoskeletal injuries in an industrial population, *Journal of Occupational Medicine*, 34, 606-612.

Information und Kommunikation als Grundlage für ein innovationsförderliches Betriebsklima

Daniela WINKELS, Birgit WEBER, Indra BREMSER,
Barbara HERZOG und Lutz PACKEBUSCH

*Institut für Arbeitssicherheit, Umweltschutz, Gesundheitsförderung und
Effizienz (A.U.G.E.), Hochschule Niederrhein,
Reinarzstraße 49, D-47805 Krefeld*

Kurzfassung: Kommunikation und Information in Unternehmen beeinflusst Innovationen in erheblichem Maße. Daher stellt das deutsch-niederländische Projekt ibis (Innovative business culture implementation in small and medium enterprises – Laufzeit 2005 – 2008) nicht Produktinnovationen, sondern Prozess-, Struktur- und Sozialinnovationen in den Vordergrund. In dem beschriebenen Umsetzungsbeispiel war das Ziel, den Informations- und Kommunikationsfluss sowohl zwischen Geschäftsleitung und Mitarbeitern als auch den Mitarbeitern untereinander zu verbessern.

Schlüsselwörter: Information, Kommunikation, Betriebsklima, Innovation.

1. Einleitung/ Problemstellung

Innovation wird häufig mit der Entwicklung neuer Produkte gleichgesetzt. Jedoch beeinflussen weitaus häufiger Innovationen im Rahmen der Arbeitsorganisation, des Personalmanagements, des Betriebsklimas, des innerbetrieblichen Informations- und Kommunikationsflusses oder der Dienstleistungen den Erfolg des Unternehmens. Kleine Neuerungen können auf einfache Weise Großes bewirken und den Erfolg von Betrieben unterstützen. Gemäß West (1999) sind Innovationen „Die gezielte Einführung und Anwendung von Ideen, Arbeitsprozessen, Produkten oder Vorgängen, die neu für eine Tätigkeit, ein Arbeitsteam oder ein Unternehmen sind und diesem zugute kommen sollen“.

Der innerbetriebliche, wechselseitige Informationsaustausch fördert die Entwicklung von neuen und besseren Ideen. West (1999) bezeichnet Informationen als „Katalysator für Innovationen“. Umgekehrt können Informations- und Kommunikationsmängel, sogenannte „information pathologies“ (Wilensky 1967 zitiert nach Scholl 2004), gemäß Scholl (2004) den Erfolg von Innovationen negativ beeinflussen.

Nachfolgend wird eine Maßnahme zur Verbesserung des innerbetrieblichen Informationsaustausches und Kommunikationsflusses vorgestellt, die in einem Handwerksunternehmen der Elektrobranche durchgeführt wurde. Dieses betriebliche Umsetzungsprojekt ist Teil des deutsch-niederländischen Projektes „ibis - Innovative business culture implementation in small and medium enterprises“, das durch das Institut für Arbeitssystemgestaltung und Personalmanagement GmbH an der Hochschule Niederrhein (IAP), dem Institut für Arbeitssicherheit, Umweltschutz, Gesundheitsförderung und Effizienz der Hochschule Niederrhein (A.U.G.E.) sowie dem Innovationsnetzwerk Syntens durchgeführt wird. Gefördert wird das Projekt durch die Gemeinschaftsinitiative Interreg IIIa des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) für die Zusammenarbeit zwischen den Regionen der Europäischen Union.

2. Methodisches Vorgehen

Der teilnehmende Betrieb ist ein kleiner Fachbetrieb für Gebäudetechnik mit insgesamt acht Mitarbeitern. Das Tätigkeitsfeld erstreckt sich von Elektroinstallationen für Haushalt und Gewerbe über Netzwerkinstallationen und Haushaltsgroß- und Kleingeräte-Kundendienst, dem Bau von Komplettbädern bis hin zu Arbeiten im Sanitär-Heizung-Klima-Bereich.

Das Problem des Betriebes bestand u.a. darin, dass der Inhaber, bedingt durch eine Vielzahl von Ehrenämtern, nur selten im Unternehmen anwesend war, oft sogar mehrere Tage hintereinander dem Betrieb fernblieb. Der Kontakt per Email war möglich, jedoch verfügten nur der Meister und die Bürokraft über einen PC und damit über einen Internetzugang. Die Folge davon waren häufig Missverständnisse. Manche Informationen erhielten sowohl der Inhaber als auch die Mitarbeiter gar nicht oder verspätet. Der Inhaber war unzureichend über die Vorgänge und Projekte in seinem Unternehmen informiert.

Hier setzte das Projekt an. Bei der Entwicklung und Umsetzung der Maßnahmen wurde der Betrieb durch ein begleitendes Coaching unterstützt, bei dem der Coach als Prozessberater die Beteiligten bei der Identifikation und Lösung der zum Problem führenden Prozesse unterstützt und deren Handlungskompetenz erweitert (Packebusch & Weber 2001) (ausschleichendes Coaching (Herzog 2005)). Abbildung 1 zeigt den Ablauf des Beratungsprozesses.



Abbildung 1: Coachingverlauf. Eigene Darstellung

2.1 Zielexplication

In einem Gespräch mit dem Inhaber wurden die Ziele des Projekts genauer definiert:

- Verbesserung des Kommunikations- und Informationsflusses zwischen Betriebsleitung und Mitarbeitern sowie der Mitarbeiter untereinander,
- Verfestigung bestehender Arbeitsabläufe (z.B. Montagebücher) und Integration neuer Maßnahmen in die Betriebsabläufe.

2.2 Betriebsanalysen

Ziel der Analyse war die Erfassung des innerbetrieblichen Informations- und Kommunikationsflusses. Es wurden leitfadengestützte Interviews sowie dimensionsgeleitete Tätigkeitsanalysen bei den Mitarbeitern und Führungskräften durchgeführt. Zusätzlich wurden standardisierte Testverfahren (u.a. Teamklima-Inventar (TKI) von

Brodbeck, Anderson & West (2000), Elemente des Kurz-Fragebogens zur Arbeitsanalyse – KFZA von Prümper et al. 1995) eingesetzt. Daraus ergaben sich Ansatzpunkte für Optimierungsmöglichkeiten in den Bereichen Kommunikation und Information:

- Verbesserung der Information durch den Chef
- Fehlende Rückmeldung der Mitarbeiter über laufende Projekte
- Probleme bei der Projektdurchführung durch fehlende Informationen
- Kommunikation zwischen Führungskraft und Mitarbeiter sowie zwischen Mitarbeiter und Kunde

2.3 Maßnahmenworkshop

Im Anschluss an die Darstellung der Analyseergebnisse wurden in dem moderierten Workshop gemeinsam mit dem Inhaber und den Mitarbeitern folgende Maßnahmen zur Zielerreichung erarbeitet:

- Erstellung eines Jahresplans für Mitarbeitergespräche
- Bei Abwesenheit des Chefs, Kunden informieren, dass er zurückruft
- Ehrenamt auf die Zeit nach 14:00 Uhr verlegen
- Erstellen einer Liste „benötigte Informationen Büro“
- Erstellen einer Liste „benötigte Informationen Monteure“

Die einzelnen Maßnahmen wurden terminiert und durch die für die Aufgabenerledigung zuständigen Personen ergänzt.

2.4 Rückmeldeworkshop

Im Rückmeldeworkshop erfolgte die Überprüfung der Maßnahmenumsetzung, die Besprechung der Erfahrungen und eventuell aufgetauchter Probleme bei der Umsetzung. Die Planung weiterer Maßnahmen schloss sich an. Tabelle 1 zeigt die Erledigungsfeststellung der beim 1. Workshop geplanten Maßnahmen.

Tabelle 1: Erledigungsfeststellung der Maßnahmen aus dem 1. Workshop

Maßnahmen	Erledigungsfeststellung / Veränderung
Erstellung eines Jahresplans für Mitarbeitergespräche	Dadurch, dass der Inhaber die Gespräche mit seinen Mitarbeitern terminiert, hat sich die Ansprechbarkeit sehr verbessert. Probleme können nun schneller gelöst werden.
Planung einer Strategiesitzung	Eine Strategiesitzung wurde terminiert.
Information der Kunden bei Abwesenheit des Chefs	Die Kunden werden informiert, dass der Chef zurückruft, sobald er wieder im Betrieb ist.
Liste „Büro“ (z.B. alle wichtigen Felder der Montagebücher ausfüllen)	Beide Listen wurden erstellt und die Umsetzung der Maßnahmen wurde angegangen.
Liste „Monteure“ (z.B. bessere Information der Monteure über die Baustellen)	

Es wurden weitere Maßnahmen in den Bereichen Öffentlichkeitsarbeit, Baustellenplanung sowie Umgang mit Kunden geplant und durchgeführt. Die Nacherhebung steht derzeit noch aus.

3. Ergebnisse

3.1 Verbesserung des Kommunikations- und Informationsflusses zwischen Betriebsleitung und Mitarbeitern sowie der Mitarbeiter untereinander

Der Inhaber hat in der Zwischenzeit einige seiner Ehrenämter niedergelegt. Dadurch, dass es nun feste Ansprechzeiten für Fragen und Belange der Mitarbeiter gibt, hat sich laut Aussage des Inhabers und der Mitarbeiter sowohl die Kommunikation als auch der Informationsaustausch zwischen dem Inhaber und den Mitarbeitern sowie zwischen den Mitarbeitern untereinander erheblich verbessert. Ein Jahresplan für Mitarbeitergespräche ist erstellt worden und es wurde ein Termin für eine Strategiesitzung festgelegt.

3.2 Optimierung der Betriebsabläufe

Durch die Umsetzung der festgelegten Maßnahmen haben die Mitarbeiter mehr Transparenz über die Notwendigkeit einzelner „lästiger“ Pflichten (z.B. Montagebücher) bekommen. Durch neu eingeführte Abläufe wird laut Aussage der Mitarbeiter und des Inhabers Ärger und Stress vermieden. Dies trägt zur höheren Zufriedenheit der Kunden bei. Die Coachingmaßnahme wurde sowohl vom Inhaber als auch von den Mitarbeitern sehr positiv bewertet. Der verbesserte Informations- und Kommunikationsfluss führte zu positiven Veränderungen im Betrieb. Das Coaching lieferte neue Denkanstöße für weitere Maßnahmen.

4. Literatur

1. Brodbeck, F., Anderson, N. & West, M. 2000, TKI Teamklima-Inventar. Göttingen: Hogrefe Verlag.
2. Herzog, B. 2005, Datenbasiertes Veränderungscoaching in KMU. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg.), Personalmanagement und Arbeitsgestaltung. Dortmund: GfA Press, 85-88.
3. Packebusch, L. & Weber, B. 2001, Belastungsorientiertes Coaching in Kleinbetrieben. In: M. Schmitz-Buhl (Hrsg.), Coaching und Supervision. Heidelberg: R. v. Decker, 137-141.
4. Prümper, J., Hartmannsgruber, K. & Frese, M. 1995, KFZA. Kurz-Fragebogen zur Arbeitsanalyse, Zeitschrift für Arbeits- und Organisationspsychologie, 39, 125-132.
5. Scholl, W. 2004, Innovation und Information. Göttingen: Hogrefe.
6. West, M. 1999, Innovation und Kreativität. Weinheim: Beltz.
7. Wilensky, H.L. 1967, Organizational Intelligence. New York: Basic Books.

Telematik als Kontroll- und Kooperationsinstrument im Transportprozess: Neue Kommunikationsnotwendigkeiten und –möglichkeiten zwischen LKW und Disposition

Daniela AHRENS

*Institut Technik & Bildung, Universität Bremen,
Am Fallturm 1, D-28359 Bremen*

Kurzfassung: Der Telematikeinsatz in Speditionen erfolgt in erster Linie zur Kontrolle und Überwachung des Transportprozesses und des mobilen LKWs. Diese Form der organisationalen Einbettung von Telematik zeitigt jedoch auf der Ebene des Arbeitsprozesses kontraproduktive Effekte: Kontextsensible Informationen lassen sich im telematisch gestützten Kommunikationsprozess nicht bzw. nur unter hohem Aufwand vermitteln. Ziel des Beitrages ist es daher, Telematik gleichermaßen als Kontroll- und Kooperationsinstrument in die Auftragsabwicklung zu integrieren.

Schlüsselwörter: Telematik, mobile Kommunikation, Arbeitsprozesse.

1. Einleitung

Angesichts eines verschärften internationalen Wettbewerbs, wachsenden Verkehrsaufkommens und der steigenden Bedeutung der Kundenorientierung stehen Speditionen den konfligierenden Zielen „Kosteneffizienz“, „Flexibilität“ und „Dienstleistungsarbeit“ gegenüber. In diesem Zusammenhang wird im Transport- und Logistikbereich die Einführung von Telematik mit hoher Emphase diskutiert. Anspruch hierbei ist, die Transport-, Umschlags- und Lagerprozessen durch Telematik möglichst effizient zu planen und zu steuern. Dass durch Telematik Einsparpotenziale erzielt werden, scheint unumstritten. Es geht daher im Beitrag auch nicht um die Frage, ob die Einführung von Telematik sinnvoll ist oder nicht, sondern um die Frage, wie sich durch den Einsatz von Telematik Arbeitsabläufe und Kommunikationsprozesse in der Organisation wandeln. Ausgehend davon, dass Telematik zwar die Voraussetzungen für innovative Logistikprozesse schafft, aber keine hinreichende Erklärung für ihr erfolgreiches Funktionieren ist, diskutiert der Beitrag, inwieweit der bisherige Bias auf betriebswirtschaftliche und logistische Rationalisierungskalküle die Rolle der Technik überschätzt und die strukturbildenden Wechselbeziehungen zwischen Technik und sozialen Handlungs- und Kommunikationsprozessen unterschätzt. Angesprochen ist damit eine Herausarbeitung der Wechselwirkungen zwischen dem Telematikeinsatz und den jeweiligen Arbeitsprozessen und –aufgaben. Die These ist, dass der Einsatz von Telematik sich nicht hinreichend unter dem Aspekt der Kontrolle und Überwachung subsumieren lässt, geht er doch stillschweigend von einem Dualismus aus, nach dem menschliche Handlungen als potenzielle Störungsquellen zunehmend durch Technik zu ersetzen seien, um ein Höchstmaß an Effizienz und Effektivität zu erreichen.

2. Mobile Kommunikation

Gerade die Auftragsabwicklung in Transportprozessen kennzeichnet sich nicht nur durch eine hohe arbeitsteilige Aufgabenbearbeitung, sondern darüber hinaus dadurch, dass die Leistungserfüllung durch räumlich und zeitlich voneinander getrennte Einheiten (LKW/Büro) erfolgt. Das Interesse der Disposition richtet sich insbesondere auf eine verbesserte Steuerung und Kontrolle der bislang in relativer Autonomie fahrenden LKWs. Die mobile Echtzeitkommunikation zwischen Disposition und LKW ermöglicht durch die permanente satellitengestützte Ortungsmöglichkeit der Fahrzeuge tagesaktuelle Auftragsänderungen, -stornierungen oder -ergänzungen im laufenden Arbeitsprozess. Die Disposition verfügt jetzt über Echtzeitdaten des aktuellen Tourverlaufs.

Bislang erfolgte die Kommunikation fernmündlich über das Mobiltelefon des Fahrers. Diese diskontinuierliche und raumzeitlich voraussetzungsvolle Kommunikation birgt jedoch Konfliktpotenziale, die durch den Telematikeinsatz überwunden werden sollen. Neben der nicht immer gegebenen Erreichbarkeit zählen hierzu insbesondere Übertragungsschwierigkeiten im Ausland sowie das Risiko von Missverständnissen der mündlichen Kommunikation. Darüber hinaus gelingt es in der Disposition immer weniger, die hohe Anzahl telefonischer Anfragen der Fahrer in angemessener Zeit zu bearbeiten. Die häufigen Störungen am Arbeitsplatz durch das Telefon führen in der Dispositionszentrale zu einer erhöhten Beanspruchung in Form von Stress und Hektik.

Anstelle der zeit- und kostenintensiven Kommunikation via Handy tritt die telematisch gestützte Kommunikation mittels SMS (Short Message System) und GMS (Global System for Mobile Communication). Der Fahrer tippt hierfür entweder die Nachrichten auf der Tastatur seines PDAs ein oder versendet vorgefertigte Textmakros, so genannte Statusnachrichten: „Auftrag erledigt“, „am Beladeort angekommen“, „Stau“, „Tanken“ u.ä.. Durch den damit verbundenen hohen Standardisierungsgrad telematisch gestützter Kommunikation lassen sich die für Problemlösungen notwendigen Kontextinformationen nicht – bzw. nur unter einem aus der Perspektive der Fahrer kaum zumutbaren Aufwand – übertragen. Die jeweiligen Inhalte der Kommunikation bestimmen sich durch das zu befördernde Gut, die Auftragsdokumente sowie durch die unmittelbar am Transportprozess beteiligten Akteure – Verlader, Frachtzahler, Auftraggeber, Empfänger – sodass sich keine allgemeingültige Festlegung über die Inhalte machen lässt. Des Weiteren sind die immer weniger vorausschaubaren Verkehrssituationen und Wartezeiten beim Zoll oder bei der Verladung sowie die Verweigerung der Auftragsannahme ebenso Auslöser für einen Abstimmungsbedarf mit der Disposition wie Informationen hinsichtlich der jeweiligen Aufträge für die Rückfahrt. Da derartige Probleme möglichst zeitnah bearbeitet werden müssen, um die Termintreue zu gewährleisten, wird von den Fahrern die Möglichkeit, per SMS Informationen an die Disposition zu senden, daher in erster Linie dann gewählt, wenn alles nach Plan läuft. Insbesondere jene Fahrer, die einem hohen subjektiven Problemlösungsdruck ausgesetzt sind, wenn sie die Kommunikation mit dem Büro initiieren, vermeiden diese Form der Kommunikation und greifen lieber zu ihrem privaten Mobiltelefon. Auf diese Weise geben die Fahrer zum Ausdruck, dass sie sich für die Gewährleistung einer erfolgreichen Auftragsabwicklung verantwortlich fühlen, jedoch die bereitgestellte Technik als nicht tauglich genug für die Problembearbeitung betrachten (Ahrens 2008).

Zusammenfassend lässt sich an dieser Stelle sagen, dass Folgeprobleme insbesondere hinsichtlich der Kooperationsnotwendigkeiten zwischen den Fahrern und

Disponenten entstehen. Aushandlungen und Abstimmungen im Dialog sind nicht (mehr) möglich – etwa bei Problemen am Depot, Wartezeiten beim Ab- und Auflegen des Containers (wenig Kräne zum Beladen), falsche Beladung, unvollständige oder fehlerhafte Auftragsdokumente oder ähnliches. Die auf technischer Ebene hergestellte Transparenz zwischen den raumzeitlich getrennten Leistungsbereichen Fahrerschaft und Disposition korrespondiert nicht mit einer Verbesserung der sozialen Koordination. Die bloße Informatisierung und Automatisierung isolierter Teilprozesse – und hier insbesondere die Automatisierung des Fahrer- und Fahrzeugeinsatzes und der Kommunikation zwischen Disposition und Fahrerschaft – erweisen sich als zunehmend dysfunktional. Stichworte wie „gläserner Fahrer“ oder „Telematik legt LKW an die Kette“ (VDI Nachrichten 2002) signalisieren nicht nur die mangelnde Akzeptanz von Telematik auf Seiten der Fahrerschaft, sondern darüber hinaus die Herabstufung und Relativierung des Know Hows der Fahrer. Die satellitengestützte Ortsbestimmung sowie das Flotten- bzw. Transportmanagement liefern nicht nur die Datenbasis für eine wirtschaftliche Planung und Optimierung der Arbeitsabläufe, sondern auch für eine verstärkte Leistungs- und Verhaltenskontrolle der Fahrer.

3. Von der Überwachung zur wechselseitigen Kontextsteuerung

Der Einsatz von Telematik als Kontrollinstrument verweist – angesichts zumeist unvorhersehbarer Störungen und Unterbrechungen – auf einen überzogenen Steuerungsanspruch. Verantwortlich hierfür ist unter anderem der im konkreten Anwendungszusammenhang häufig vernachlässigter Aspekt der enormen Leistungs- und Speicherpotenziale moderner Technologien. Dies führt zu einem Planungsmythos, der jedoch zunehmend mit dem „Problem der Kontrolle des Mangels der Kontrolle“ (Esposito 1997) konfrontiert wird. Insbesondere in räumlich getrennten Leistungsbereichen nehmen die Kontrollmöglichkeiten ab, gleichzeitig jedoch steigt das Bedürfnis nach Kontrolle des mobilen LKWs. Hervorzuheben ist in diesem Zusammenhang, dass durch die Einführung von Telematik zwar eine höhere Transparenz des Auftragsprozesses – Gesamtschau der verteilten und beweglichen Arbeitseinheiten LKW – hergestellt wird, diese Transparenz aber nur der Disposition verfügbar ist. Die Disposition besitzt also ein abstraktes Prozesswissen. Das tourenbezogene Prozesswissen, das in hohem Maße durch die jeweiligen kontextuellen Bedingungen angereichert ist, fehlt in der telematisch gestützten Abbildung des Geschehens. Dass eine stärkere Integration des lokalen Erfahrungswissens der Fahrer auch bei der Disposition entlastende Effekte zeitigen kann, zeigt sich nicht zuletzt darin, dass Fahrer mitunter Anfragen an die Disposition richten, gerade weil sie nur über Informationen der gegenwärtigen Situation verfügen, nicht aber über weitergehende Informationen. Um hier Abhilfe zu schaffen und die Arbeitsprozesse stärker als bislang geschehen miteinander zu vernetzen, wird im Projekt die Konzeption der „wechselseitigen Kontextsteuerung“ (Weyer 2006, S.4) verfolgt. Diese Konzeption "verzichtet auf die Prämisse, dass es einen privilegierten Akteur gibt, der eine vollständige Kenntnis der Prozesse hat und überlegene Interventionsfähigkeiten besitzt; sie rückt damit von einer instrumentalistischen Sichtweise von Systemsteuerung ab und öffnet sich in Richtung einer Konzeption, die Interaktions- und Koordinationsprozesse in offenen Systemen analysiert“ (Weyer 2006, S.4).

Wenn wir von Kooperationen sprechen, wird die Verteilung der verschiedenen Aktivitäten ins Zentrum gerückt und nicht die hierarchische Abarbeitung einer Arbeitsaufgabe. Anstelle der strikten Trennung von Planung und Ausführung gilt es zu

fragen, inwieweit der Arbeitsprozess im Sinne einer „intelligenten Auftragsabwicklung“ durch Telematik verbessert werden kann. Von Interesse ist, wie eine verbesserte Koordinationseffizienz zwischen den räumlich verteilten Leistungsbereichen Fahrerschaft und Disposition erreicht werden kann und die bislang eher im informellen Bereich verbleibenden Leistungen der Fahrer eine formale Aufwertung erfahren. Das Konzept einer „intelligenten Auftragsabwicklung“ greift zum einen die Entwicklung auf, dass Fahrer heute längst fahrerische und nichtfahrerische Aufgaben bewältigen müssen, dass von den Fahrern eine Auftrags- und Wirtschaftlichkeitsorientierung ausdrücklich erwartet wird. Zum anderen bleibt das zweifellos vorhandene Potenzial der prozessorientierten kooperativen Aufgabenbearbeitung in den bestehenden Telematiklösungen ungenutzt. Der Telematikeinsatz bleibt insofern unterkomplex, dass er den für eine erfolgreiche Auftragsabwicklung notwendigen Anspruch der Kooperation zwischen Fahrer und Disponent nur in begrenztem Maße erfüllt. Notwendig wird daher ein Technikverständnis, das Chancen der Kooperation und Partizipation zulässt. Es geht darum, die durch die modernen Technologien möglich werdenden Innovationspotenziale auf der Arbeitsprozessebene auszuschöpfen.

4. Fazit

Telematik als kollaboratives Medium in den Transportprozess einzubetten, zielt auf zwei Aspekte ab: Zum einen geht es um die Förderung des Partizipationsgedanken hinsichtlich der Gestaltung von Arbeitsprozessen, zum anderen um die Rahmung von Technik jenseits des Zweck-Mittel Schemas. Um dies zu erreichen, wird ein Technikverständnis notwendig, das den Dualismus zwischen Technik und Soziallem überwindet (Rammert 2003). Mit Blick auf den Partizipationsgedanken heißt dies, Telematik so in den Arbeitsprozess zu integrieren, dass Telematik nicht länger als Gegenspieler des handlungsrelevanten Wissens der Fahrer fungiert sondern als integraler Bestandteil des Kooperationsprozesses. Anvisiert ist damit die Einbettung von Technik als Mitspieler im Interaktions- und Kommunikation zwischen den Fahrern und zwischen der Fahrerschaft und der Disposition.

5. Literatur

1. Ahrens, D. 2008, Jenseits des Mythos vom „gläsernen Fahrer“: Die Rolle der Telematik im Transportprozess. In: C. Funken & I. Schulz-Schaeffer, I. (Hrsg.), Digitalisierung der Arbeitswelt. Im Druck.
2. Esposito, E. 1997, Risiko und Computer. Das Problem der Kontrolle des Mangels der Kontrolle. In: T. Hijikata & A. Nassehi (Hrsg.), Riskante Strategien. Beiträge zur Soziologie des Risikos. Opladen: Westdeutscher Verlag, 93-108.
3. Rammert, W. (2003) Technik in Aktion. Verteiltes Handeln in soziotechnischen Konstellationen. Working Papers, TUTS-WP-2. Berlin: Technische Universität-Techniksoziologie.
4. Weyer, J. 2006, Die Kooperation menschlicher Akteure und nicht menschlicher Agenten. Ansatzpunkte einer Soziologie hybrider Systeme, Arbeitspapier Nr. 16. Universität Dortmund: Wirtschafts- und Sozialwissenschaftliche Fakultät.

Von der „partizipativen Arbeitsgestaltung“ zum „partizipativen Gesundheitsmanagement“

Nick KRATZER, Wolfgang DUNKEL und Wolfgang MENZ

*Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V. München,
Jakob-Klar-Strasse 9, D-80796 München*

Kurzfassung: Angesichts der zwischenzeitlichen Ernüchterung über Diffusion und Wirkung der „partizipativen Arbeitsgestaltung“ diskutiert der Beitrag die Chancen und Risiken eines „partizipativen Gesundheitsmanagements“.

Schlüsselwörter: Neue Organisations- und Steuerungsformen, Partizipatives Gesundheitsmanagement, Partizipation.

1. Einleitung

Das Leitbild der „Partizipativen Arbeitsgestaltung“ gilt als ein wesentlicher Weg zu einer effizienten, vor allem aber auch „humanen“ Arbeit. Waren Ansätze einer partizipativen Arbeitsgestaltung noch vor zwei Jahrzehnten eine Forderung, die gegen dominierende Leitbilder einer tayloristischen Arbeitsorganisation in Stellung gebracht und durchgesetzt werden musste, haben sich heute die Vorzeichen verkehrt. Neue Steuerungs- und Managementkonzepte, in denen Selbstorganisation und erweiterte Beteiligungsmöglichkeiten der Beschäftigten konstitutive Bestandteile sind, sind mittlerweile weit verbreitet. Mehr Leistung und mehr Gesundheit also?

Angesichts zunehmender, vor allem psychischer Belastungen sieht die Praxis aber anders aus: Die Leistungssteigerung gelingt – oft leisten heute weniger Beschäftigte das Gleiche oder sogar mehr als früher. Aber der Preis ist hoch: Selbstorganisation und Partizipation bedeuten häufig nichts anderes als das „Selbstmanagement von Überlastung“. Mehr Leistung ja, aber mehr Gesundheit ...? Eher nicht.

Hier setzt unser Beitrag mit seiner zentralen Fragestellung an: Ist damit das Konzept einer auf die Entfaltung der subjektiven Potentiale der Beschäftigten ausgerichteten partizipativen Arbeitsgestaltung gescheitert? Zur Beantwortung resümieren wir zunächst Entwicklung und Diskussion der „partizipativen Arbeitsgestaltung“ um anschließend die Folgerungen für ein „partizipatives Gesundheitsmanagement“ zu skizzieren.

2. Innovative Arbeitsgestaltung und partizipatives Management in den 90er Jahren: Von der Win-win-Euphorie zur Ernüchterung

Seit Mitte der 1980er Jahre, spätestens aber seit den 1990er Jahren gilt Partizipation als ein zentrales Element einer „modernen“ Arbeitsgestaltung (Dörre 2002). Als „Partizipatives Management“ (Pekruhl 2001), „Innovative Arbeitsgestaltung“ (Wengel et al. 2002) oder auch „Innovative Arbeitspolitik“ (Schumann 2003; Kuhlmann 2004) kommt der Partizipation von Beschäftigten seitdem eine Schlüsselrolle bei der „Modernisierung“ von Arbeitsorganisation und Unternehmensstrukturen zu. Die Verbreitung beteiligungsorientierter Managementstrategien und Organisationsformen ist dabei nicht so sehr einem Werte- oder Kulturwandel, einem „Umdenken“ im eigentli-

chen Sinne geschuldet, sondern der komplexen Umbruchssituation einer Ökonomie im Übergang (Sauer 2005). Erst das neuartige Ineinandergreifen verschiedener Rationalisierungs- und Restrukturierungsansätze dürfte den eigentlichen Schub einer beteiligungsorientierten Arbeitsgestaltung bzw. eines „partizipativen Managements“ begründen.

Nach anfänglicher Euphorie fällt die Bilanz aber mittlerweile nüchtern aus: Zwar scheint die erweiterte Beteiligung von Beschäftigten an Arbeitsgestaltung, an Rationalisierungs- und Reorganisationsprozessen mittlerweile zur Normalität geworden zu sein und ist als nicht so einfach reversibler Trend zu werten. Aber wenn man ambitioniertere Konzepte zum Maßstab nimmt, lassen Stand und Dynamik der Verbreitung innovativer Arbeitsgestaltung zu wünschen übrig. Zur Ernüchterung gehört auch, dass sich vor allem Formen schwach formalisierter und wenig regulierter direkter Partizipation durchgesetzt haben, die – zusammen mit der gleichzeitigen Schwächung institutioneller Partizipationsformen und -organe angesichts veränderter Rahmenbedingungen – eher den Leistungsdruck erhöhen und Beschäftigte relativ schutzlos den tendenziell maßlosen Anforderungen einer marktzentrierten Produktionsweise aussetzen (Peters & Sauer 2005). Die erhofften Effekte einer salutogenen oder zumindest weniger belastenden Arbeitsorganisation, die überdies Chancen zur Entfaltung und Entwicklung der subjektiven Potentiale und Ressourcen von Beschäftigten bietet, sind weitgehend ausgeblieben – die Zunahme psychischer Belastungen ist eine der sichtbarsten Folgen.

3. Von der partizipativen Arbeitsgestaltung zum „partizipativen Gesundheitsmanagement“ ?

Das Konzept der erweiterten Beteiligung von Beschäftigten dürfte dabei nicht an sich das Problem sein – dies würde allen Erkenntnissen über die motivationsförderlichen und salutogenen Potentiale von Partizipation widersprechen. Die Frage ist nicht, ob die partizipative Arbeitsgestaltung an sich gescheitert ist, sondern vielmehr, inwiefern sich angesichts einerseits veränderter Rahmenbedingungen, andererseits aber auch der spezifischen Belastungen partizipativer Arbeitsformen weiterhin Chancen für eine Humanisierung des Arbeitslebens bieten. Heute besteht die Aufgabe darin, Partizipation als Prinzip und Konzept unter der Bedingung neuer Organisations- und Steuerungsformen und gegen neue Rationalisierungsstrategien der Marktzentrierung und Ergebnisorientierung zu implementieren und durchzusetzen. Dabei kommen angesichts der Befunde zu neuen gesundheitlichen Gefährdungen und sozio-psychischen Belastungen einer gesundheitsförderlichen Leistungspolitik und Arbeitsgestaltung sowie einem auf die neuen Bedingungen ausgerichteten Arbeits- und Gesundheitsschutz eine Schlüsselrolle zu.

Das „partizipative Gesundheitsmanagement“ könnte daher eine Antwort auf die Umsetzungsprobleme der bisherigen Partizipationskonzepte und auf die veränderten Bedingungen der gegenwärtigen Arbeitswelt sein. Aber was könnte das bedeuten ? Wie kann ein partizipatives Gesundheitsmanagement aussehen, das inhaltlich und institutionell die Beteiligung von Beschäftigten auch an Fragestellungen von Belastungsabbau und Gesundheitsförderung zentral stellt ? Dazu abschließend drei Überlegungen:

Erstens: Die innovative Arbeitsgestaltung mit ihren nach-tayloristischen Merkmalen und neuen Belastungen trifft auf einen weitgehend traditionell ausgerichteten Arbeits- und Gesundheitsschutz. Ein „partizipatives Management“ muss Partizipation

aber auch bei Fragen von Belastungen und Gefährdungen, Wohlbefinden und Gesundheit gewähren, und eine „innovative Arbeitsgestaltung“ muss durch einen innovativen Arbeits- und Gesundheitsschutz flankiert werden, der sich durch eine erweiterte Beteiligung der Beschäftigten auszeichnet.

Zweitens: Partizipatives Gesundheitsmanagement bedeutet die Herstellung eines neuen Verhältnisses von Arbeitsgestaltung und Arbeitsschutz sowie von direkter und indirekter Partizipation. In der einen Richtung geht es um die Erweiterung des Partizipationsansatzes und -anspruchs in den Arbeits- und Gesundheitsschutz hinein. Im „partizipativen Management“ sind die Beschäftigten (Co-)Experten ihrer eigenen Arbeit – jetzt müssen sie auch Experten ihrer eigenen Gesundheit sein können. Und dies bedeutet eben die Gestaltung oder Unterstützung von Instrumenten, Verfahren und Institutionen der erweiterten direkten und indirekten Beteiligung von Beschäftigten am Arbeits- und Gesundheitsschutz. Umgekehrt, in der anderen Richtung geht es darum, dass Gesundheit, Schutz vor Gefährdung etc. selbst zu Steuerungsdimensionen eines partizipativen Managements werden.

Drittens: Das Konzept des „partizipativen Managements“ ist nicht das Gegenmodell zu einem fordistisch-tayloristischen Steuerungsprinzip, weil es in seinem Partizipationsverständnis („Beteiligung an Entscheidungen“) dem Fordismus verhaftet bleibt. Während beim „partizipativen Management“ die Beschäftigten an Entscheidungen „beteiligt“ werden (Pekruhl 2001, S. 10), sind es bei neuen, wenn man so will, den nachfordistischen Steuerungsformen, die Beschäftigten selbst, die entscheiden – allerdings unter Bedingungen, die sie nicht beeinflussen können und die einerseits vom Markt und andererseits vom Management gesetzt werden. Neue Steuerungsformen verändern in grundlegender Weise die Bedeutung von Begriffen wie „Partizipation“ – und auch „Führung“. Zu prüfen ist, ob „Partizipation“ unter diesen Bedingungen überhaupt noch der richtige Begriff ist bzw. ob nicht das Verständnis von „Partizipation“ neu justiert werden muss. Neue, „innovative“ Management- oder Arbeitsgestaltungskonzepte sind keine Lösung für die Konflikte unterschiedlicher Interessen und die Probleme von Macht und Herrschaft im Betrieb. Diese Vorstellung ist wohl das größte und teilweise bewusst inszenierte „Missverständnis“ dieser Konzepte, dennoch sind sie die Basis für neue Problemstellungen und Konfliktkonstellationen, und sie sind ein neuer Rahmen für deren Austragung, Bewegung, Bewältigung. Ein Beispiel: Neue Steuerungsformen zielen auf das Individuum als Objekt (erweiterte Potentiale des Arbeitsvermögens und lebensweltliche Ressourcen sollen aktiviert werden), aber eben auch als Subjekt der Steuerung (Selbst-Steuerung etc.). Dadurch werden „klassische“ Problemstellungen etwa der Leistungssteuerung oder des Arbeits- und Gesundheitsschutzes individualisiert: Arbeitsdruck ist individuelle Überforderung, deren Nicht-Bewältigung häufig als persönliches Versagen („schlecht organisiert“) interpretiert wird. Gesundheitliche Gefährdungen fallen – scheinbar – vor allem in die Verantwortung der Betroffenen. Damit artikulieren sich Gesundheitsfragen nicht mehr so einfach als kollektive Problemstellungen (falls das jemals einfach war), die stellvertretend von kollektiven Interessenvertretungsorganen thematisiert und ausgekämpft werden können, sondern werden – wenn überhaupt – individuell ausgetragen. Es besteht die Gefahr, dass Gesundheitsfragen unter Bedingungen neuer Steuerungsformen tabuisiert werden. Im Betrieb gesundheitsgefährdende Arbeitsbedingungen offen zu kritisieren droht zugleich als Eingeständnis interpretiert zu werden, den Leistungsanforderungen individuell nicht gewachsen zu sein. Verschärft wird dieses Problem dann, wenn die „betrieblichen Gesundheitskulturen“ so beschaffen sind, dass für die Problematisierung von Gesundheitsfragen und neuen Belastungsformen keine Thematisierungsräume und Umgangsweisen bestehen, so

dass Krankheit organisational verleugnet wird (Kocyba, Voswinkel 2007). Dies mündet in die Frage nach kollektiver Unterstützung und vor allem nach neuen Bewegungsformen von Interessen und Bedürfnissen im Betrieb.

4. Literatur:

1. Dörre, K. 2001, Partizipation im Arbeitsprozess- Alternative oder Ergänzung zur Mitbestimmung? , Industrielle Beziehungen, 8. Jg., 379-407.
2. Dörre, K. 2002, Kampf und Beteiligung. Arbeit, Partizipation und industrielle Beziehungen im flexiblen Kapitalismus. Eine Studie aus dem Soziologischen Forschungsinstitut Göttingen (SOFI). Wiesbaden.
3. Dunkel, W. & Kratzer, N. 2007, Mehr Autonomie und mehr Druck - Die Beschäftigten müssen hier selbst aktiv werden, Gute Arbeit, Zeitschrift für Gesundheitsschutz und Arbeitsgestaltung, Heft 5, 16-18.
4. Kocyba, H. & Voswinkel, S. 2007, Krankheitsverleugnung: Betriebliche Gesundheitskulturen und neue Arbeitsformen. Frankfurt a. M.: Abschlussbericht für die Hans-Böckler-Stiftung.
5. Kratzer, N. 2003, Arbeitskraft in Entgrenzung. Grenzenlose Anforderungen, erweiterte Spielräume, begrenzte Ressourcen. Berlin: Edition Sigma.
6. Kratzer, N. 2006, Projekt PARGEMA - Instrumente für ein beteiligungsorientiertes Gesundheitsmanagement, Gute Arbeit, Zeitschrift für Gesundheitsschutz und Arbeitsgestaltung, Heft 11, 30-31.
7. Kuhlmann, M. 2004, Modellwechsel? Die Entwicklung betrieblicher Arbeits- und Sozialstrukturen in der deutschen Automobilindustrie. Berlin: Edition Sigma.
8. Pekruhl, U. 2001, Partizipatives Management. Konzepte und Kulturen. München:Hampp.
9. Peters, K. & Sauer, D. 2005, Indirekte Steuerung – eine neue Herrschaftsform. Zur revolutionären Qualität des gegenwärtigen Umbruchprozesses. In: H. Wagner (Hrsg.), „Rentier“ ich mich noch ? Neue Steuerungskonzepte im Betrieb. Hamburg: VSA, 23-58.
10. Sauer, D. 2005, Arbeit im Übergang. Zeitdiagnosen. Hamburg: VSA.
11. Schumann, M. 2003, Metamorphosen von Industriearbeit und Arbeiterbewusstsein. Kritische Industriesoziologie zwischen Taylorismusanalyse und Mitgestaltung innovativer Arbeitspolitik. Hamburg: VSA.
12. Wengel, J., Lay, G., Pekruhl, U. & Maloca, S. 2002, Verbreitung innovativer Arbeitsgestaltung. Stand und Dynamik des Einsatzes im internationalen Vergleich. München: Hampp.

Dieser Beitrag entstand im Rahmen des laufenden Forschungs- und Gestaltungsvorhabens „PARGEMA – Partizipatives Gesundheitsmanagement“. An diesem Vorhaben, das vom ISF München koordiniert wird, sind sechs Institute aus Wissenschaft und Praxis sowie eine Reihe von Unternehmen beteiligt. Das Projekt wird vom BMBF im Rahmen des Förderschwerpunkts „Präventiver Arbeits- und Gesundheitsschutz“ (Projektträger DLR) gefördert (vgl. auch Kratzer 2006; Dunkel & Kratzer 2007). Weitere Informationen: www.pargema.de.

Standardisierung und Partizipation im Rahmen Ganzheitlicher Produktionssysteme

Delia SCHRÖDER, Ulrich STEIMLE und Klaus J. ZINK

*Institut für Technologie und Arbeit, Technische Universität Kaiserslautern,
Kurt-Schumacher-Str. 74a, D-67663 Kaiserslautern*

Kurzfassung: Im vorliegenden Beitrag werden die Standardisierung von Arbeitsabläufen und die Partizipation von Mitarbeitern als zwei Prinzipien Ganzheitlicher Produktionssysteme hinsichtlich ihrer Beziehung analysiert. Die Argumentation stützt sich auf empirische Ergebnisse, die mit qualitativen Methoden in einem aktuellen Forschungsprojekt gewonnen wurden. Die Ergebnisse weisen darauf hin, dass man den potenziellen Konflikten zwischen den beiden Prinzipien mit gestalterischen Maßnahmen begegnen kann.

Schlüsselwörter: Standardisierung, Partizipation, Beteiligung, Produktionssysteme.

1. Problemstellung

Die Aspekte "Standardisierung" und "Partizipation" finden sich in dieser oder ähnlicher Bezeichnung häufig unter den Prinzipien Ganzheitlicher Produktionssysteme, die in den letzten Jahren in vielen großen Unternehmen nach dem Vorbild Toyotas verwirklicht wurden. Die Beziehung zwischen diesen beiden Prinzipien ist zumindest potenziell konfliktär. Während man die Beteiligung von Mitarbeitern an der Willensbildung und Entscheidungsfindung in unternehmerischen Prozessen meist mit einem Zugewinn an Selbstverantwortung und größeren Entscheidungsspielräumen gleichsetzt, stellt sich Standardisierung zunächst als Einschränkung der Handlungsspielräume der Mitarbeiter dar. Diese Einschränkung bezieht sich auf die Souveränität in der Gestaltung von Tätigkeitsabläufen ebenso wie auf die Zeitsouveränität. Standardisierung spiegelt auf den ersten Blick also vor allem das Prinzip der Reduktion wider: die Reduktion von Arbeitsinhalten, die Reduktion von Freiheitsgraden bei der Ausführung der Tätigkeiten, die Reduktion von Vorgabe- oder Taktzeiten. Dabei verlangen gerade die Anforderungen, die sich aus Qualitätszielen, Flexibilität und der Kundenorientierung eines Unternehmens ergeben, eher nach einer Aufgabenintegration denn einer Reduktion (vgl. Lay & Maloca 2005). Die Standardisierung von Routineprozessen an einem Arbeitsplatz muss jedoch nicht zwangsläufig mit einem reduzierten Aufgabenzuschnitt für den Mitarbeiter einhergehen. Tätigkeitsprofile von Produktionsmitarbeitern lassen sich z.B. dahingehend erweitern, dass etwa Aufgaben zur Qualitätssicherung oder zur kontinuierlichen Verbesserung übernommen werden.

Im Rahmen des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderten Projektes „Partizipative Gestaltung Integrierter Modernisierungskonzepte“ (PaGIMO, Förderkennzeichen: 02PI2060) wurde das Spannungsverhältnis von Standardisierung und Partizipation im Kontext ganzheitlicher Produktionssysteme näher betrachtet. Dabei konnte auf den konkreten Fall eines Unternehmens Bezug genommen werden, das im Rahmen eines Produktionssystems einen Ansatz Kontinuierlicher Verbesserung eingeführt hat, der auch die Standardisierung von Arbeitsabläufen zur

besseren Identifikation von Fehlerursachen umfasst.

2. Methode

Zur empirischen Analyse wurde ein qualitativ-interpretatives Forschungsdesign gewählt (vgl. Denzin & Lincoln 1994) und mit Partnern aus dem Verbundprojekt PaGIMo realisiert: Die Erhebungen fanden in Form leitfadengestützter Interviews in einem der Partnerunternehmen sowie als Gruppendiskussion in einem projektbegleitenden Arbeitskreis von Experten statt.

Im leitfadengestützten, problemzentrierten Interview agiert der Forscher anhand eines Fragenkatalogs, der zuvor auf Basis theoretischer Vorüberlegungen entwickelt wird. Die Fragen sind offen formuliert und folgen nicht zwingend einer vorgegebenen Reihenfolge, sondern werden je nach Gesprächsverlauf situativ eingesetzt. Während des Interviews wird den Befragten darüber hinaus bewusst Raum für eine freie Schilderung von Hintergrundinformationen gelassen. Der Interviewleitfaden wurde auf Basis theoretischer Überlegungen zur integrativen und partizipativen Gestaltung von Modernisierungsansätzen entwickelt, die den Forschungsrahmen des Projektes bilden (vgl. dazu Zink 2006), und umfasst u.a. Fragen zur Mitarbeiterbeteiligung bei der Entwicklung und Einführung von Standards sowie zur Rolle der Führungskräfte. Die Befragung fand in einem der Partnerunternehmen an zwei ausgewählten Montagelinien statt, an denen zuvor Arbeitsstandards eingeführt worden waren. Insgesamt wurden 17 Interviews mit direkten Mitarbeitern sowie deren Teamleitern geführt. Die jeweils etwa 30 Minuten dauernden Interviews wurden schriftlich protokolliert.

Die Gruppendiskussion ist eine Methode der qualitativen Datenerhebung, bei der die Inhalte eines moderierten Gespräches zu einem bestimmten Thema aufgezeichnet oder in einem Protokoll festgehalten werden. Sie kann als „Sonderform der Befragung“ angesehen werden (vgl. Lamnek 1998, S. 31ff). Kennzeichnend für diese Forschungsmethode ist das Prinzip der Offenheit. Die Leitfragen, anhand derer die Gruppendiskussion strukturiert wird, geben lediglich den thematischen Rahmen vor, lassen aber Raum für eine offene Diskussion unter den Teilnehmern, so dass auch aus Sicht des Forschers unerwartete Inhalte geäußert werden können.

Die Gruppendiskussion zum Thema Standardisierung und Partizipation wurde mit 26 Teilnehmern des sogenannten PaGIMo-Industriearbeitskreises geführt. Dabei handelt es sich um einen projektbegleitenden Kreis von Experten aus Forschungs- und Beratungseinrichtungen sowie betrieblichen Praktikern mit Bezug zum Thema Arbeitsorganisation. Im Fokus der Analyse standen die Einstellungen, Meinungen und Erfahrungen der Experten bzgl. des Untersuchungsgegenstandes. Die Leitfragen, anhand derer die Gruppendiskussion strukturiert wurde, betrafen mögliche Ausgestaltungsmodalitäten des Standardisierungsprinzips, Nutzen und Grenzen von Standards, praktische Erfahrungen mit der Einführung von Standards sowie Fragen nach der Partizipation von Beschäftigten bei der (Weiter-)Entwicklung von Standards.

Die Protokolle der Interviews und der Gruppendiskussion wurden inhaltsanalytisch ausgewertet. Dabei wurden die gesammelten Aussagen zunächst einer induktiven Kategorienentwicklung unterzogen (vgl. Mayring 2001). Bei diesem Vorgehen wird versucht, die Auswertungskategorien aus dem Datenmaterial selbst abzuleiten. Dies setzt eine iterative Materialbearbeitung voraus, die ggf. auch eine Revision der entwickelten Kategorien mit fortschreitender Auswertung des Materials umfassen kann. Im weiteren Verlauf wurde das Kategoriensystem mit Einzelaussagen der Befragten/Diskutanten gefüllt. Die nach Kategorien zusammengefassten Äußerungen wurden daraufhin ohne weitere reduktive Zwischenschritte einer qualitativen bzw. hermeneutischen Interpretation unterzogen (vgl. Danner 1998), deren Ergebnis eine den ursprünglichen Wortlaut paraphrasie-

rende Zusammenfassung der wichtigsten Aussageninhalte darstellt. Das angewandte Auswertungsverfahren stellt damit letztlich eine vereinfachte Form der Inhaltsanalyse nach Mayring dar (vgl. Mayring 2003).

3. Ergebnisse

Aus dem gewonnenen Datenmaterial lassen sich induktiv sieben Hauptkategorien identifizieren, die im Folgenden inhaltlich skizziert werden:

Die adäquate Berücksichtigung der verschiedenen Arbeits- und Prozesstypen ist nach Meinung der Experten maßgeblich für die erfolgreiche Umsetzung von Standardisierung. Ein durchgängiges Standardisierungsprinzip zeigt sich auf unterschiedliche Weise und erfordert verschiedene Ausgestaltungsoptionen, z.B. bzgl. des Standardisierungsgrades – je nachdem, ob es sich um regelhafte Tätigkeiten in der Produktion oder um Führungsprozesse handelt, ob Gruppenarbeit oder Serienfertigung „am Band“ realisiert wird. Aus Sicht der befragten Mitarbeiter kann sich die Verbindlichkeit von Standards für unterschiedliche Tätigkeiten und damit auch Funktionsinhaber akzeptanzsteigernd auswirken: Vorgaben gelten nicht nur für die Mitarbeiter „an der Linie“, sondern jeder muss sich daran halten.

Mögliche Chancen und Risiken von Standardisierung hängen eng mit der jeweils konkreten Ausgestaltung des Standardisierungsprinzips zusammen. Standardisierung kann eine geeignete Grundlage für die kontinuierliche Verbesserung von Arbeitsprozessen liefern, sollte jedoch – will man sich dieser Grundlage bedienen – auf einem anerkannten „Benchmark“ beruhen und als momentaner „Idealzustand“ verstanden werden. Verharrt man bei einem einmal entwickelten Standard, wird die Lernfähigkeit des Systems mehr behindert als gefördert. Auch für die befragten Mitarbeiter ist die Entwicklungsfähigkeit der Standards ein wichtiger Aspekt, da sie die Chance bietet, neue Erfahrungen in die Weiterentwicklung einfließen zu lassen. Sowohl die Experten als auch die befragten Mitarbeiter stellen die wichtige Rolle der Führungskräfte bei der Einführung und Weiterentwicklung von Standards heraus, etwa im Hinblick auf Erklärung und Anleitung, die Aufnahme von Veränderungswünschen und die Sicherstellung der Standardeinhaltung.

Hinderlich für die Akzeptanz von Standards für Arbeitsabläufe wirkt sich aus, dass es Mitarbeitern oft schwerfällt, individuelle Abläufe zugunsten einer gemeinsamen „Ideallösung“ aufzugeben. Nach Aussage der Befragten steigt die Chance einer breiten Akzeptanz, wenn es gelingt, den Nutzen kollektiv entwickelter und verbindlicher Standards klar zu vermitteln. Die betrieblichen Experten ordnen die Frage der Akzeptanz von Standards auch in die jeweilige Unternehmens- und Landeskultur ein. Denn der Wunsch nach Individualität oder das Einvernehmen mit einer Gemeinschaftslösung können je nach Kulturraum unterschiedlich ausgeprägt sein und bei betrieblichen Standardisierungsvorhaben entsprechend unterschiedlich wirksam werden.

Erfahrungen aus den Unternehmen zeigen, dass viele Mitarbeiter Standards akzeptieren können, sofern diese für eine Weiterentwicklung offen sind. Für andere Mitarbeiter überwiegen hingegen „Entmündigung“ und „Eintönigkeit“ als Negativszenario. Aus den Aussagen aller befragten Mitarbeiter lässt sich Partizipation als Akzeptanz fördernder Gestaltungsfaktor für Standards klar herauslesen. Die Befragten beschreiben die aktive Beteiligung der betroffenen Mitarbeiter bei der Definition von Standards sowie die Möglichkeit zur Entwicklung und Anpassung der Standards – auch auf Initiative von Mitarbeitern – als kritische Erfolgsfaktoren.

Bezieht man die Mitarbeiter in die Standardentwicklung ein, gelten einige Voraussetzungen für eine dauerhaft wirkungsvolle Partizipation. Dies betrifft nach Meinung der befragten Mitarbeiter vor allem eine eindeutige Klärung der Erwartungen an die Partizipation und der tatsächlichen Realisierungsmöglichkeiten.

Auch von der konkreten Form der Partizipation hängt ab, inwieweit die Akzeptanz von Standards erhöht wird. Wichtig ist den Interviewten, dass sie als die betroffenen Mitarbeiter direkt nach ihrer Meinung zur Gestaltung der Standards an „ihren“ Arbeitsplätzen gefragt werden. Eine bloße Beobachtung der aktuell von den Mitarbeitern praktizierten Arbeitsweise entfaltet keine Partizipationswirkung.

Für die Beschäftigten, die mit Standards arbeiten, bietet das Standardisierungsprinzip offenbar die Chance einer größeren Prozess- und Regelsicherheit. Die befragten Mitarbeiter berichten von einer vereinfachten Fehlersuche, größerer Transparenz vor- und nachgelagerter Abläufe, erleichterter Einarbeitung und bessere Vertretungsmöglichkeiten an den Arbeitsplätzen. Letzteres fördert auch die Realisierung eines Rotationsprinzips.

4. Fazit

Betrachtet man Standardisierung und Partizipation als Komponenten eines Ganzheitlichen Produktionssystems bedingt das eine Prinzip das andere: Die Standardisierung von Prozessen und Abläufen kann ihre Wirkkraft dann voll entfalten, wenn die Mitarbeiter im Sinne einer beteiligungsorientierten Arbeits- und Prozessgestaltung in die Formulierung von Standards einbezogen werden und sich die Standards als flexibel und anpassungsfähig erweisen. Obwohl die empirischen Ergebnisse darauf hinweisen, dass die befragten Mitarbeiter auch für sich einen Nutzen durch kontinuierliche Prozessoptimierung, größere Prozesssicherheit und Verbindlichkeit sehen, gehen von der Standardisierung von Arbeitsabläufen doch Risiken für die Mitarbeiter aus. Deshalb sind bei Standardisierungsvorhaben alle Auswirkungen auf offenkundig mitarbeitersensible Bereiche (z.B. Lohnrelevanz, physische oder psychische Belastungen) besonders auf ihre „Sozialverträglichkeit“ hin zu prüfen. Dies ist letztlich auch im Sinne des Unternehmens, da so grundlegenden Widerständen gegen das Prinzip der Standardisierung frühzeitig begegnet werden kann und die Akzeptanz und auch die tatsächliche Anwendung von Standards durch die Mitarbeiter gefördert werden.

5. Literatur

1. Denzin, N.K. & Lincoln, Y.S. 1994, Introduction: Entering the Field of Qualitative Research. In: N.K. Denzin & Y.S. Lincoln (Eds.), Handbook of Quality Research. Thousands Oaks: Sage, 1-17.
2. Danner, H. 1998, Methoden geisteswissenschaftlicher Pädagogik. München: UTB.
3. Lamnek, S. 1998, Gruppendiskussion. Theorie und Praxis. Weinheim: Beltz.
4. Lay, G. & Maloca, S. 2005, Aufgabenintegration – Abkehr vom Taylorismus. In: Fraunhofer Institut System und Innovationsforschung (Hrsg.), Mitteilungen aus der Produktionsinnovation. Karlsruhe: Fraunhofer ISI, 26, 1-12.
5. Mayring, P. 2001, Kombination und Integration qualitativer und quantitativer Analyse. Forum Qualitative Sozialforschung/ Forum Qualitative Social Research [Online Journal],
6. URL: <http://qualitative-research.net/fqs/fqs.htm>
7. Mayring, P. 2003, Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken, 8. Auflage. Weinheim: Deutscher Studien Verlag.
8. Zink, K. J. 2006, Ganzheitliche Konzepte als Voraussetzung für nachhaltige Veränderungen. In: H. Schnauber (Hrsg.), Kreativ und Konsequent. Walter Masing: Ein Leben für die Qualität. München: Hanser, 85-104.

Nachhaltigkeit von Produktionssystemen in der Automobilzulieferindustrie

Heiko ENDERLEIN, Birgit SPANNER-ULMER und Benjamin ROMBOUTS

*Institut für Betriebswissenschaften und Fabriksysteme, TU Chemnitz,
Professur Arbeitswissenschaft,
Erfenschlager Strasse 73, D-09125 Chemnitz*

Kurzfassung: Produktionssysteme als methodische Regelwerke im Sinne des Toyota Produktionssystems (TPS) werden in den kommenden Jahren insbesondere in der Automobilzulieferindustrie wachsende Bedeutung erfahren. Mit Hilfe einer empirischen Studie ausgewählter Unternehmen wurden Erfolgsfaktoren und Hemmnisse für die Nachhaltigkeit solcher Produktionssysteme bestimmt.

Schlüsselwörter: Produktionssystem, Veränderungsprozess.

1. Aufgaben- und Zielstellung

Die Einführung und Umsetzung eines Produktionssystems gilt nicht zuletzt aufgrund der MIT-Studie (Womack et al. 1992) für die Automobilhersteller (OEM) in Europa als ein unverzichtbarer Wettbewerbsfaktor. Der damit in direktem Zusammenhang stehende Kosten- und Qualitätsdruck betrifft gleichermaßen die Automobilzulieferindustrie. Unter Einbeziehung jüngerer Prognosen ist davon auszugehen, dass die Fertigungstiefe der OEM in den kommenden Jahren weiter sinkt und somit die Bedeutung der Zulieferer wächst. Ein Trend zur verstärkten Verbreitung von Produktionssystemen in der Zulieferindustrie ist bereits zu sehen. Dabei ist bekannt, dass Produktionssysteme – in Analogie zum TPS - weder in der Gänze kopierbar sind, noch als Selbstläufer die gewünschten Effekte erzielen.

Die Einführung eines Produktionssystems stellt in der Regel für alle Beteiligten im Unternehmen tiefgreifende, langfristige Veränderungen dar, selbst wenn einzelne Methoden, wie z.B. der kontinuierliche Verbesserungsprozess (KVP), bereits angewendet werden. Veränderungsprozesse in Arbeitssystemen mit gewachsenen Strukturen beinhalten eine Reihe von Hemmnissen, wie in mehreren Untersuchungen bestätigt wird (Agamus Consult 2006; Capgemini 2005; Spath 2003). Die konsequente Anwendung der bereitgestellten Methoden hängt dabei von verschiedenen unternehmensinternen wie –externen Faktoren ab.

In wissenschaftlichen und praxisnahen Publikationen werden Produktionssysteme zumeist aus Sicht der OEM dargestellt. Aber gerade die Automobilzulieferer geraten im Kielwasser der OEM zunehmend unter Druck, ihre Prozesse zu optimieren. Daher wurde zur näheren Untersuchung verschiedener Problem- und Handlungsfelder von August bis Oktober 2007 eine empirische Studie mittels Befragungen durchgeführt, die ausschließlich Unternehmen der Zulieferindustrie erfasste (Rombouts 2007).

Ziel der Studie war es unter anderem, die unterschiedlichen Ausprägungen der Produktionssysteme nach Aufbau und Schwerpunkten aufzuzeigen, Strategien zur nachhaltigen Entwicklung zu ermitteln sowie Erfolgsfaktoren und Hemmnisse zu bestimmen. Nach den Ergebnissen einer europaweiten Studie von McKinsey entstehen insbesondere bei westeuropäischen Automobilherstellern jährlich immense finanzielle Verluste durch unzureichendes Management der Schnittstellen zu den Lie-

feranten (Flörecke 2007). In Anlehnung dessen lag daher ein weiterer Schwerpunkt in der Betrachtung der Kunden-Lieferanten-Beziehung, ob also die OEM ihre Zulieferer bei der Konzeption und Einführung eines Produktionssystems unterstützen. Des Weiteren sollten auch Erkenntnisse darüber gewonnen werden, ob einzelne Elemente, wie z.B. Gruppenarbeit, eine ähnlich zentrale Bedeutung haben wie in den Produktionssystemen der OEM (Spanner-Ulmer et al. 2000).

2. Vorgehensweise

2.1 Auswahl der Unternehmen und Interviewpartner

Mit dem Focus, repräsentative direkte Zulieferer (1st-Tier-Lieferanten) und ggf. indirekte Zulieferer (2nd-Tier-Lieferanten) zu befragen, wurden mit Hilfe geeigneter Quellen wie dem Zulieferer-Handbuch 2007/2008 (Automobil Produktion 2007) etc. insgesamt 422 Unternehmen verschiedener Segmente ausgewählt und angeschrieben. Voraussetzung war, dass die Zulieferer wenigstens einen Standort in Deutschland betreiben, mindestens 300 Mitarbeiter beschäftigen und einen Jahresgesamturnsatz von mehr als 50 Mio. Euro erzielen, wobei ein signifikanter Anteil des Umsatzes der Automobilbranche zurechenbar sein musste.

Alle ausgewählten Unternehmen wurden zunächst mit der Frage angeschrieben, ob ein Produktionssystem bereits implementiert ist. Bei einer Rücklaufquote von 10 % bestätigten dies immerhin 27 Unternehmen, was einem Anteil von 64 % entspricht. Da die Befragungen ausnahmslos in Form von Experteninterviews mit hohem Anteil qualitativer Fragen durchgeführt werden sollten, konnte mit Hinblick auf die dabei notwendige Intensität des Interviews sowohl nach zeitlichem Aufwand als auch inhaltlicher Tiefe in Anlehnung an die fachtheoretischen Erkenntnisse postuliert werden, dass bei einer Stichprobengröße von ca. 20 Unternehmen Schlussfolgerungen für die Zulieferindustrie möglich sind. Voraussetzung dafür war allerdings die explizite Eignung des Interviewpartners, die sich aus der Stellung im Unternehmen und den Erfahrungen im Zusammenhang mit der Einführung und Betreuung von Produktionssystemen ergab. Als Zielgruppe kamen somit vorwiegend Standortleiter, Produktionsleiter oder speziell beauftragte Koordinatoren in Betracht. Insgesamt erklärten sich Vertreter von 19 Unternehmen für die Befragungen bereit.

2.2 Methoden der Datenerhebung und Auswertung

Für die Vorgehensweise der Experteninterviews kamen unterschiedliche Methoden in Frage (Gläser & Laudel 2004). Bei standardisierten Interviews werden Formulierung und Reihenfolge der Fragen sowie deren Antwortmöglichkeiten vorgegeben. Diese Erhebungsmethode lässt dem Befragten keine Freiheitsgrade und war daher für die Studie ungeeignet. Im Gegensatz dazu wird ein nichtstandardisiertes Interview völlig ohne Vorgaben geführt und dient aufgrund dessen eher der qualitativen Analyse. Der Komplexität des Themas kommt diese Erhebungsmethode in so weit entgegen, dass eventuelle Hintergründe besser erfragt, Zusammenhänge tiefgründiger aufgedeckt und Differenzen im Verständnis des Themas beseitigt werden können. Allerdings steht dem gegenüber eine eingeschränkte Vergleichbarkeit der Antworten. Schlussfolgernd musste deshalb ein halbstandardisiertes Interview mit einem systematisch strukturierten Interviewleitfaden erarbeitet werden, der sowohl quantitative Fakten abfragt als auch offene Fragen zulässt. Auf diese Weise ist es unter Um-

ständen möglich, Erkenntnisse zu gewinnen, die sich nicht zwangsläufig aus den gestellten Fragen generieren lassen (Bogner et al. 2005).

Der Leitfaden umfasste insgesamt 49 Fragen und gliederte sich in sieben Hauptabschnitte. Zur Sicherung der Reproduzierbarkeit aller gewonnenen Informationen wurden sämtliche Interviews unter Zustimmung der Gesprächspartner mittels Tonträger aufgezeichnet. Um subjektive Sichtweisen bei der Auswertung weitestgehend auszuschließen, wurde ein speziell für Experteninterviews entwickeltes wissenschaftliches Verfahren einbezogen (Meuser & Nagel 1991). Zur Auswertung der quantitativen Ergebnisse diente das Statistikprogramm SPSS.

3. Ausgewählte Ergebnisse

In Anbetracht der Fokussierung des Beitragsthemas wird nachfolgend auf Faktoren eingegangen, welche die Nachhaltigkeit von Produktionssystemen fördern oder hemmen. Als ein wesentlicher Erfolgsfaktor wird der Einsatz eines Koordinators mit ausreichenden zeitlichen Ressourcen im Tagesgeschäft bewertet. 47 % der Unternehmen setzen dazu vollzeitlich freigestellte Mitarbeiter ein, die als Stabsstelle der Geschäftsführung fungieren. Wichtig in dem Zusammenhang ist ein transparentes und mit klar definierten Befugnissen abgegrenztes Aufgabenprofil, besonders dann, wenn Koordinatoren nicht zu 100 % freigestellt sind.

Als maßgeblicher Treiber des Einführungs- und Umsetzungsprozesses wurden mit 68 % die Führungskräfte der unteren Hierarchieebenen genannt. Ein wesentliches Hemmnis besteht allerdings dann, wenn das Rollenverständnis zur Wahrnehmung individueller Verantwortung und die notwendige Methodenkompetenz zur Umsetzung von Anforderungen in diesen Hierarchieebenen fehlen. Systematische Schulungen speziell der Führungskräfte sollten deshalb bereits frühzeitig erfolgen, also vor Beginn der Einführungsphase. Alle befragten Experten verwiesen in diesem Zusammenhang auf die maßgebliche Rolle der obersten Leitung als Promoter. Mangelnde Regelkommunikation mit den unteren Hierarchieebenen und fehlende Präsenz des Top-Managements vor Ort wurden als größtes Hemmnis bewertet.

Hinsichtlich der Shop-Flor-Ebene bestätigten alle Unternehmen regelmäßige Schulungen. Eine positive Akzeptanzentwicklung unter den Mitarbeitern gegenüber den neuen Standards wurde bei 73 % festgestellt. Nach mehreren Aussagen lässt sich dieser Umstand so erklären, dass engagierte Mitarbeiter verschiedener Abteilungen gezielt in den Einführungs- und Umsetzungsprozess mit eingebunden wurden und somit ein wirksamer Multiplikator bestand. Die mangelnde Beteiligung von Leiharbeitern besonders bei Schulungen und deren eher kurzfristiges Engagement wurden indes mehrfach als Barrieren genannt.

Die Flexibilität zur Veränderung oder Anpassung des eingeführten Produktionssystems hinsichtlich angewandter Methoden ist vornehmlich bei kleineren Mittelständlern gegeben. In 61 % der befragten Unternehmen ist es demnach eher unbürokratisch möglich, bestehende Standards anforderungsgerecht anzupassen oder zu ergänzen. Alle Befragten bewerteten dies als motivations- und innovationsfördernd, weil Best-Practice-Ansätze somit auch standortübergreifend schneller kommuniziert werden können.

Die Nachhaltigkeit von Produktionssystemen ist grundsätzlich mit der Gestaltung, Kommunikation und zyklischen Verfolgung von Zielen durch die oberste Leitung verbunden. Interessanterweise gaben mehrere Befragte an, dass zu Beginn der Einführungsphase bewusst hohe Zielvorgaben gestellt wurden, um den Mitarbeitern die

Notwendigkeit standardisierter Methoden zu verdeutlichen und so eine aktive Mitarbeit anzuregen.

Zusammenfassend wird festgestellt (vgl. Abbildung 1), dass es nach Ansicht der Befragten keinesfalls an der Akzeptanz unter den Mitarbeitern mangelt, vorausgesetzt die Führungskräfte sind sich ihrer Treiberrolle bewusst und die oberste Leitung kommuniziert frühzeitig und transparent die angestrebten Ziele. Knappe zeitliche Ressourcen im Tagesgeschäft können durch hinreichend geschulte Methodenkompetenz und anforderungsgerechte Aufgabenprofile der Akteure ausgeglichen werden. Als subjektives Ergebnis der Studie wird bewertet, dass offensichtlich ein starker Zusammenhang zwischen der Unternehmenskultur eines Unternehmens und der Qualität der Nachhaltigkeit besteht.

Schlüsselaufgaben / -anforderungen	Hauptbeteiligte	Rolle zur Nachhaltigkeit
Frühzeitige Kommunikation der Ziele, Schaffung von Flexibilität zur Entwicklung des PS	Oberste Leitung	<i>Promoter</i>
Rollenverständnis, Methodenkompetenz, Anforderungsgerechte Aufgabenprofile	Führungskräfte, Koordinatoren für PS	<i>Treiber</i>
Umsetzer, Fachkompetenz, KVP	Mitarbeiter	<i>Multiplikator</i>

Abbildung 1: Erfolgsfaktoren nach Hauptbeteiligten

4. Literatur

1. Agamus Consult & Automobil Produktion 2006, Automotiv Lean Production Studie. Landsberg: Verlag Moderne Industrie.
2. Automobil Produktion 2007, Automobil-Zulieferer in Deutschland 2007/2008, Zulieferer- Handbuch Band 1 und Band 2. Landsberg: Verlag Moderne Industrie.
3. Bogner, A., Littig, B. & Menz, W. 2005, Das Experteninterview: Theorie, Methode, Anwendung. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften, 7-30.
4. Capgemini 2005, Veränderungen erfolgreich gestalten, Change Management 2005. Berlin: Capgemini, 44-48.
5. Flörecke, K.-D. 2007, Die Fahrzeughersteller verschenken viel Geld, Automobilwoche, 08.Oktober.
6. Gläser, J. & Laudel, G. 2004, Experteninterviews und qualitative Inhaltsanalyse. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften, 36-41.
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. Opladen: Westdeutscher Verlag, 441-471.
8. Rombouts, B. 2007, Produktionssysteme in der Automobilzulieferindustrie. Untersuchungen zur Einführung und Nachhaltigkeit am Beispiel ausgewählter Unternehmen, Diplomarbeit. Chemnitz: Technische Universität Chemnitz.
9. Spanner-Ulmer, B. 2000, Produktionssysteme im Vergleich: Audi. In: Institut für angewandte Arbeitswissenschaft (Hrsg.), Arbeitsorganisation in der Automobilindustrie. Köln: Wirtschaftsverlag Bachem, 40-77.
10. Spath, D. 2003, Ganzheitlich produzieren – Innovative Organisation und Führung, Stuttgart: LOG_X Verlag, S.85 ff

Partizipative Einführung ganzheitlicher Produktionssysteme (GPS) - Herausforderung an das Zusammenspiel von Arbeitsgestaltung und Organisationsberatung

Wolfgang KÖTTER, Stefan FESL und Jörg BAHLOW

*GITTA mbH, Berlin,
Kreuzbergstrasse 37/38, D-10965 Berlin*

Kurzfassung: Die partizipative Gestaltung ganzheitlicher Produktionssysteme (GPS) erfordert ein hoch wirksames Zusammenspiel von Arbeitsgestaltung und Organisationsberatung. Das Verbundvorhaben PaGIMo hat dafür ein geeignetes Orientierungs- und Vorgehensmodell entwickelt und in sechs Unternehmen praktisch erprobt.

Schlüsselwörter: Arbeitsgestaltung, Organisationsberatung, Partizipation, Produktionssysteme.

1. Einleitung

Im Zusammenhang mit dem Versuch zahlreicher Produktionsunternehmen, dem Vorbild TOYOTA nachzueifern, indem sie ein eigenes Ganzheitliches Produktionssystem (GPS) entwickeln und "implementieren", wird die Partizipation der Mitarbeiter im zu gestaltenden Unternehmensbereich allgemein als kritischer Erfolgsfaktor für eine nachhaltige GPS-Umsetzung bezeichnet. In der Praxis derartiger Umsetzungsprojekte zeigt sich allerdings, dass es mit der Partizipation nicht weit her ist: bereits die Führungskräfte der unteren und mittleren Führungsebene klagen über einen Mangel an Information und Einflussmöglichkeiten. Hinzu kommt, dass angesichts der Komplexität der zu gestaltenden Strukturen und Prozesse selbst "alte Hasen" in Produktionsmanagement, Betriebsrat und Personal- bzw. Organisationsentwicklung daran zu zweifeln beginnen, ob sie "hinreichend kompetent" sind. Im Übrigen lässt die sachlogische Stimmigkeit der zur Umsetzung vorgesehenen neuen Standards mitunter schon deshalb zu wünschen übrig, weil sich die "Chefs" an der Spitze der zuständigen Fachabteilungen nicht "grün" sind. Gleichzeitig können die "psycho-logische" Stimmigkeit des Konzepts und der "Frieden" zwischen den Beteiligten Schaden nehmen, wenn die sachlich-fachliche Entscheidungsvorbereitung nicht "sauber" war - mit anderen Worten, Sachfragen, Kommunikations- und Beziehungsfragen lassen sich nicht so voneinander trennen, wie das für eine getrennte Bearbeitung durch arbeitswissenschaftlich qualifizierte Fachberater einerseits und Organisationsberater als Prozessbegleiter andererseits erforderlich wäre.

2. Das Zusammenspiel von Arbeitsgestaltung und Organisationsberatung

Mit dem Begriff „Arbeitsgestaltung“ wird gemeinhin eine professionelle Praxis bezeichnet, die von Arbeitswissenschaftlern angeleitet wird und sowohl technische als auch organisatorische, soziale und personenbezogene Aspekte der Gestaltung von Arbeitsbedingungen und Arbeitsprozessen umfasst (Kötter 2006). Wer als arbeitswissenschaftlicher Berater in einem konkreten Gestaltungsfall hinzugezogen wird,

der kann sich auf sein Konzeptwissen und seine Fachexpertise als Quelle beratender Autorität stützen und so einen Beitrag zur sach- und fachgerechten Beantwortung der im Gestaltungsprozess auftretenden konzeptionellen Fragen leisten. Doch spätestens dann, wenn es an die Umsetzung der so entstandenen technisch-organisatorischen und personalwirtschaftlichen Konzepte geht, stößt der Gestaltungsberater als Fachexperte auf all die Phänomene von „Veränderungswiderstand“ und nicht ohne weiteres veränderbarer „Organisationskultur“, die in den mit den Begriffen „Organisationsentwicklung“ und „Change Management“ bezeichneten Herangehensweisen thematisiert werden (Brödner & Kötter 1999).

Der Umgang mit solchen Widerständen in Veränderungsprozessen sowie kultursensibles Vorgehen als Kennzeichen der beratenden Tätigkeit spiegelt sich in der Herangehensweise der „Organisationsentwicklung als Prozessberatung“ wieder. Ziel der Prozessberatung ist der Aufbau einer Beziehung mit dem Klienten, die es diesem erlaubt, die in seinem internen und externen Umfeld auftretenden Prozessereignisse wahrzunehmen, zu verstehen und darauf zu reagieren, um die Situation, so wie er sie definiert, zu verbessern (Schein 2000). Der Prozessberater tritt dabei explizit nicht als Fachberater auf, sondern schafft vielmehr einen „Raum“, in dem dialogisches (ver-)handeln zwischen den betrieblichen Akteuren stattfinden kann (Isaacs 2002).

Die aus dem BMBF-PTKA geförderten Verbundvorhaben PaGIMo hervorgegangene Modellfamilie gibt in diesem Dilemma eine Orientierungshilfe. Die mit einer PaGIMo-Tollbox hinterlegten Modelle zeigen, wie es durch das Zusammenspiel von Arbeitsgestaltung als arbeitswissenschaftlicher Expertenberatung und Organisationsberatung als allparteilicher, auf gegenseitige Wertschätzung und Unterschiedlichkeit als Ressource gerichteter Prozessberatung gelingen kann, zu nachhaltig wirksamer Partizipation und vom Konsens der betrieblichen Akteure getragenen Gestaltungslösungen zu kommen. Das erfordert allerdings, dass jeweils die "weichen Themen" hinter dem vermeintlichen Sachfragen und die fachlichen Schwachpunkte hinter den vermeintlichen Personen- und Beziehungskonflikten aufgespürt und durch geeignete Interventionen bearbeitbar gemacht werden.

3. Die PaGIMo-Modelle als Navigationssysteme zur GPS-Einführung

Eine „echte“ GPS-Einführung stellt alles auf den Prüfstand: das Produktspektrum, die Leistungstiefe, das Fabriklayout, die Fertigungstechnologie, die Arbeitsorganisation, die Prinzipien der Produktionsplanung und –steuerung, den Personaleinsatz, die Qualifizierungskonzepte und, last but not least, die Führungsprinzipien. Die Vielzahl der dabei zu beachtenden Gestaltungsoptionen und der zwischen ihnen bestehenden Wechselbeziehungen konfrontieren jeden, der GPS-Einführungsprozesse zu planen und umzusetzen hat, mit der Komplexität der dabei zu treffenden Entscheidungen, der Unsicherheit der Entscheidungsgrundlagen und der strukturellen Begrenztheit des eigenen Wissens. Um in dieser Lage handlungs- und entscheidungsfähig zu bleiben sind sowohl für den Einzelnen als auch für das Projektteam sachbezogene als auch prozessbezogene Orientierungshilfen unabdingbar.

Das PaGIMo Metamodell stellt eine solche Orientierungshilfe dar. Es ist ein „offenes“ Modell, das vor dem Hintergrund unterschiedlichster betrieblicher Rahmenbedingungen und Zielsetzungen zur Anwendung kommen kann (Zink et al. im Druck). Den Aufbau des Metamodells zeigt die folgende Abbildung:

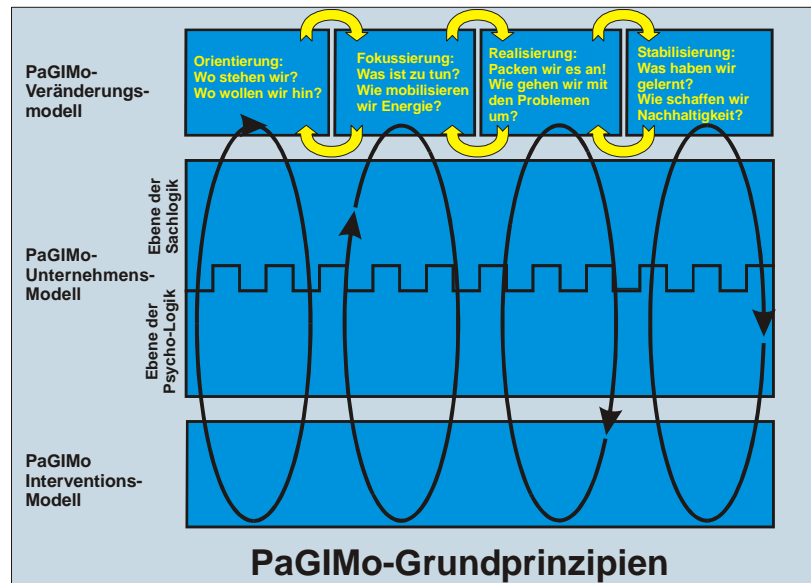


Abbildung 1: PaGIMo Metamodell

Es umfasst drei Teilmodelle, die im Verlauf eines Veränderungsprozesses miteinander zu verknüpfen sind und auf dem Hintergrund der PaGIMo-Grundprinzipien stehen: Das PaGIMo-Veränderungsmodell, das PaGIMo-Unternehmensmodell und das PaGIMo-Interventionsmodell.

3.1 Das PaGIMo-Unternehmensmodell

Jedes betriebliche Veränderungsprojekt erfordert spezifische Eingriffe auf der Inhaltsebene, die das Unternehmensmodell, basierend auf dem EFQM-Excellence-Modell (Zink 2004), beschreibt. Hier werden die „Interventionsobjekte“ (z.B. eine Abteilung eines Unternehmens) und die jeweils zu erzielenden Ergebnisse (z.B. Änderung von Strukturen und/oder Prozessen) beschrieben. Ein wesentliches Ziel von PaGIMo ist es, die psychologische und sachlogische Stimmigkeit bei der Umsetzung eines integrierten Veränderungskonzeptes sicher zu stellen. Dementsprechend wird beim Unternehmensmodell zwischen einer psycho-logischen und einer sachlogischen Subebene differenziert, die eng miteinander verzahnt sind und nicht isoliert voneinander betrachtet werden dürfen.

3.2 Das PaGIMo-Veränderungsmodell

Das Veränderungsmodell beschreibt den grundsätzlichen Ablauf eines Veränderungsprozesses und ist an den Gestalt-Kontaktzyklus in der Version des Gestalt-Institute of Cleveland angelehnt (Nevis 1998). Dieser verläuft nicht linear, sondern ist i.d.R. durch Iterationen, Rücksprünge oder zirkuläre Vorgehensweisen geprägt. Die einzelnen Phasen stehen in einer zeitlich-logischen Abfolge, wobei die Abgrenzung der Phasen eine akzentuierende ist - Phasenübergänge können durchaus fließend sein. Inhaltlich beschreibt die Phasenabfolge einen Verlauf, der allgemein formuliert vom Erkennen und Konkretisieren eines spezifischen Handlungsbedarfs bis zum Verfeinern und Stabilisieren umgesetzter Maßnahmen reicht.

3.3 PaGIMo-Interventionsmodell

Das Interventions-Modell stellt zum einen Methoden, Konzepte und Instrumente zur Verfügung, zum anderen aber auch (in Verbindung mit der PaGIMo-Toolbox) kontextsensibles Erfahrungswissen zu deren Einsatz. Eine besondere Eigenheit des Interventions-Modells ist die Ausrichtung der Interventionen auf „das, was fehlt“ – z.B. „Fokussierung“ oder „Stabilisierung“ im Sinne des PaGIMo-Veränderungsmodells oder „Führung“ und „Strategie“ im Sinne des PaGIMo-Unternehmensmodells.

3.4 Die PaGIMo-Grundprinzipien

Als PaGIMo-Grundprinzipien und damit als normative Grundlage für die oben skizzierten Modelle wurden die grundlegenden Normen und Werthaltungen von Arbeitswissenschaft (GfA, 1999) und nachhaltiger Unternehmensentwicklung im Sinne der Excellence-Modellfamilie (Steimle im Druck) heran gezogen.

4. Erkenntnisse

Wesentliche Erkenntnisse im Zuge der Modellentwicklung und der dazu erforderlichen Aktionsforschung unter Einsatz von Vorformen der Modellkomponenten waren die Feststellungen, dass

- die Beziehungsqualität im Führungskreis ein erfolgskritischer Faktor für vertikale und horizontale „Integriertheit“ des GPS ist
- nachhaltige Partizipation im Führungskreis anfängt (und zwar bereits auf der zweiten Führungsebene)
- Interventionen insbesondere dann nachhaltig erfolgreich waren, wenn es gelang, im Veränderungsmodell die erste („Orientierung“), die zweite („Fokussierung“) und die vierte („Stabilisierung“) gegenüber der alles beherrschenden dritten Phase („Realisierung“) aufzuwerten
- die „psycho-logische“ und die „sach-logische“ Stimmigkeit der Konzepte, Methoden und „Tools“ so eng miteinander verwoben sind, dass eine gesonderte Bearbeitung des einen oder des anderen Aspekts keinen Sinn macht.

5. Literatur

1. Brödner, P. & Kötter, W. 1999, Frischer Wind in der Fabrik. Spielregeln und Leitbilder von Veränderungsprozessen. Berlin: Springer.
2. GfA (Gesellschaft für Arbeitswissenschaft) 1999, Selbstverständnis der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft. Dortmund: GfA-Press.
3. Isaacs, W. 2002, Dialog als Kunst gemeinsam zu Denken. Bergisch Gladbach: EHP.
4. Kötter, W. 2006, Arbeitsgestaltung und Organisationsberatung, In: E. Bamberg, J. Schmidt & K. Hänel (Hrsg.), Beratung, Counseling, Consulting, Göttingen: Hogrefe Verlag, 307-327.
5. Nevis, E. 1988, Organisationsberatung. Ein Gestalttherapeutischer Ansatz. Köln: EHP.
6. Schein, E. 2000, Prozessberatung für die Organisation der Zukunft. Köln: EHP.
7. Steimle, U., (im Druck), Die PaGIMo-Grundprinzipien. In: K.J. Zink, M. Thul, W. Kötter & J. Longmuß (Hrsg.), Betriebliche Veränderungsprozesse erfolgreich gestalten. Berlin: Springer.
8. Zink, K.J. 2004, TQM als integratives Managementkonzept. Das EFQM Excellence Modell und seine Umsetzung. München: Hanser Verlag.
9. Zink, K.J., Thul, M., Kötter, W. & Longmuß, J. (im Druck), Betriebliche Veränderungsprozesse erfolgreich gestalten. Berlin: Springer.

Interkulturelles Management und Unternehmenskultur

Petia GENKOVA, Heike MENGEL und Stephanie WÖRMANN

*Philosophische Fakultät/ Fach Psychologie, Universität Passau,
Innstrasse 33, D-94032 Passau*

Kurzfassung: Die Studie analysiert anhand offizieller Daten und Expertenbefragungen von Führungskräften in Unternehmen, inwieweit eine vorgegebene Unternehmenskultur in einem fremden Kulturkontext anwendbar ist. Es werden die Ergebnisse von zwei Untersuchungen dargestellt, die sich mit dem Einfluss der Unternehmenskultur beschäftigen. Dabei handelt es sich um zwei Untersuchungen, die in einer amerikanischen Niederlassung in Deutschland (Versorgungsindustrie) und einer deutschen Niederlassung in den USA (Maschinenbaubranche) durchgeführt wurden. Die Ergebnisse zeigen deutlich, dass die Akzeptanz einer Unternehmenskultur, die in einem fremden kulturellen Kontext entstanden ist, unter den Mitarbeiter des Gastlandes sehr niedrig ist, unabhängig von den kulturellen Patterns in den einzelnen Fällen. Das Bestreben, um jeden Preis vom Konzern vorgegebene Motivations- und Personalentwicklungsmaßnahmen umzusetzen, hat sich nicht positiv sondern eher negativ auf die Arbeitseffizienz und das Commitment der Mitarbeiter ausgewirkt.

Schlüsselwörter: Interkulturelle Kommunikation, Interkulturelles Management, Unternehmenskultur.

1. Einleitung

Es wird eine Fülle von Trainings für die interkulturelle Kommunikation angeboten, die Expatriates, ausländischen Mitarbeitern oder Migranten kulturelle Kompetenz vermitteln sollen. Langfristige Denk- und Verhaltensänderungen werden versprochen, die die Anpassungsfähigkeiten der Menschen an Fremdes und fremde Kulturen steigern sollen. Häufig werden Ergebnisse aus psychologischen Studien zitiert, aber es wird keine Erklärung dafür geboten, warum wir mit dem einen oder dem anderen Denk- und Verhaltensmuster zu tun haben.

Die Globalisierung der Weltwirtschaft hat in den vergangenen Jahren dazu geführt, dass immer mehr Unternehmen weltweit operieren. Als Folge sind Unternehmen einerseits auf eine gut funktionierende Zusammenarbeit ihrer Mitarbeiter in multikulturellen Arbeits- und Forschungsgruppen angewiesen, andererseits benötigen sie Führungskräfte aus dem Herkunftsland, die in den ausländischen Niederlassungen Personalverantwortung übernehmen, das Unternehmen repräsentieren und so die Unternehmenskultur den ausländischen Mitarbeitern nahe bringen. Während beim normalen Expatriates Fremdsprachenkenntnisse und das Wissen um kulturelle Besonderheiten das Einleben in das neue Land sowie die Zusammenarbeit mit den ausländischen Kollegen zumindest erleichtern, reicht dies bei einer Führungskraft nicht aus. So kann das im eigenen Land bewährte Führungsverhalten und Führungsinstrumentarium in einem anderen Land auf wenig Akzeptanz stoßen (Adler 2002).

Erfolgen die Auslandseinsätze in völlig fremden Ländern oder ist Zusammenarbeit mit Kollegen aus unbekannten Kulturräumen erforderlich, wie z.B. Korea oder Viet-

nam, stellen sich Deutsche sehr wohl auf Kulturunterschiede ein. Bei europäischen Ländern und Nordamerika gehen jedoch viele Menschen von einer so großen Ähnlichkeit aus, dass sie kaum mit Kulturunterschieden rechnen (Thomas et al. 1995, S. 204) und in eine so genannte Kulturfalle tapen (Hall & Hall 1983). Die existierenden Unterschiede zwischen Amerikanern und Deutschen können, vorausgesetzt sie werden von der Führungskraft nicht erkannt und berücksichtigt, die Zusammenarbeit und Kooperationsbereitschaft und damit auch den betriebswirtschaftlichen Erfolg der Zusammenarbeit stark beeinflussen oder sogar zum Limitationsfaktor der Internationalisierung werden (Klimecki 1996, S. 339).

2. Methode

2.1 Fragestellung

Es soll aufgezeigt werden, in welchen Punkten sich Mitarbeiterführung und -motivation in den USA und Deutschland voneinander unterscheiden und welche ‚critical incidents‘ auftauchen können, wenn amerikanische Führungskräfte deutschen Mitarbeitern überstellt sind und umgekehrt bzw. deutsche und amerikanische Kollegen miteinander arbeiten.

Es handelt sich dabei um eine Untersuchung in einer amerikanischen Niederlassung in Deutschland (Versorgungsindustrie) sowie um eine Untersuchung in einer deutschen Niederlassung in den USA (Maschinenbaubranche). Die zentrale Fragestellung soll aufzeigen, was die Probleme der interkulturellen Kommunikation sind, um adäquate Handlungsempfehlungen herauszuarbeiten. Somit wurden beide Untersuchungen für Hypothesengenerierung benutzt und weniger zur konkreten Hypothesenüberprüfung.

2.2. Methoden

In der ersten Untersuchung in einer amerikanischen Niederlassung in Deutschland (Versorgungsindustrie) wurden Experteninterviews geführt und die Ergebnisse systematisiert und analysiert.

In der zweiten Untersuchung in einer deutschen Niederlassung in den USA (Maschinenbau) wurden eine qualitative und eine quantitative Befragung durchgeführt, die die Selbst- und Fremdwahrnehmung der deutschen und amerikanischen Mitarbeiter in Bezug auf die Arbeitsabläufe überprüft.

3. Ergebnisse und Diskussion

3.1. Untersuchung 1 - Fallbeispiel einer amerikanischen Niederlassung in Deutschland

Amerikanische Niederlassungen im Ausland werden mit großer Härte geführt und fordern vom lokalen Management unbedingten Gehorsam (Risch et al. 1998, S. 166f.). Dabei geschieht es häufig, dass die amerikanische Firmenleitung nicht bedenkt, dass es keine weltweite Homogenität gibt und Strategien, die in den USA entwickelt worden sind, oftmals in anderen Ländern nicht anwendbar sind.

Die Expertenbewertung hat ähnliche Ergebnisse ergeben. Zur Kundenorientierung

des Unternehmens gehören z.B. Elemente wie die ‚Ten-Foot-Rule‘, die besagt, dass Mitarbeiter ab einer Distanz von etwa drei Metern zum Kunden angehalten sind, ihn anzusehen, freundlich zu begrüßen und höflich Hilfe anzubieten. Fragt der Kunde nach dem Standort eines Produkts, soll der Verkäufer ihn zum entsprechenden Gang und Regal begleiten. Weitere Elemente sind, dass die Waren an den Kassen von den Kassierern in kostenlose Tüten eingepackt werden und dass die Mitarbeiter der ‚Sundown Rule‘ folgend verpflichtet sind, alle Fragen und Aufgaben von Kunden und Kollegen bis Sonnenuntergang zu bearbeiten.

Zur Mitarbeiterführung gehören unter anderem folgende Elemente: Beim täglichen Morgenmeeting kommen alle Mitarbeiter zusammen, um den Umsatz des vorangegangenen Tages und die Ziele für den laufenden Tag zu besprechen. Im Anschluss fordert ein Frontmann die Belegschaft auf, begleitet von rhythmischem Klatschen den Namen des Unternehmens Buchstabe für Buchstabe zu rufen. Weiter herrscht im gesamten Unternehmen ‚Open Door Policy‘, was bedeutet, dass jeder Mitarbeiter jede Angelegenheit mit jedem Vorgesetzten besprechen kann und jederzeit eigene Ideen und Verbesserungsvorschläge einbringen kann bzw. sogar soll. Unterstützt wird das offene Mitarbeiter-Vorgesetzten-Verhältnis durch allgemeines Duzen. Ein weiteres Element ist die Auszeichnung von besonders positiv aufgefallenen Mitarbeitern mit Titeln wie ‚Mitarbeiter des Monats‘.

Laut der Interviewpartner hat sich in Deutschland gezeigt, dass sich die amerikanische Dienstleistungsmentalität und die deutsche Gewissenhaftigkeit keineswegs ausschließen, sondern sinnvoll ergänzen können. Dem widersprechen jedoch die Schilderungen der Interviewpartner bezüglich der besonderen Serviceleistungen, die die Supermarktkette bietet. So wurde das Verpacken der Waren von den deutschen Kunden so schlecht angenommen, dass es nach kurzer Zeit deutschlandweit nur noch in zwei Märkten praktiziert wurde. Für den deutschen Kunden gehen die Waren nach dem Einscannen in sein Eigentum über, dass kein Fremder mehr berühren darf.

Ähnliches gilt in Deutschland für die Ten Foot Rule, die anfangs in den meisten Märkten so gut wie möglich praktiziert wurde. Wegen der im Vergleich zu den USA in Deutschland viel höheren Arbeitskosten erwies es sich für die Supermarktkette jedoch als unrentabel, die notwendige Anzahl an Mitarbeitern einzustellen, um die Mehrheit der Kunden begrüßen und bedienen zu können. Abgesehen von der personellen Unterbesetzung fiel es den deutschen Mitarbeitern auch schwer, so offensiv wie ihre amerikanischen Kollegen auf die Kunden zuzugehen. Bei der Einstellung von Mitarbeitern, insbesondere von Verkäufern und Verkäuferinnen, soll bei der amerikanischen Supermarktkette nach den Leitsätzen ‚Hire happy people‘ und ‚Hire for attitude, train for skill‘ verfahren werden. Inwieweit die einzelnen Store-Manager in Deutschland bei neuen Verkäufern und Verkäuferinnen wirklich auf eine gute Ausstrahlung und positive Einstellung achteten, konnte jedoch nach den Schilderungen der Interviewpartner von der Zentrale nicht überprüft werden.

Der tägliche ‚Schlachtruf‘ wurde anfangs ebenfalls in den meisten Märkten praktiziert, von den Mitarbeitern aber zumeist als albern und fremd empfunden und war zuletzt nur noch in wenigen Märkten Bestandteil. Selbst dort wurde er aber nicht jeden Morgen, sondern eher bei besonderen Gelegenheiten durchgeführt.

Noch weniger bewährte sich die Ernennung besonders positiv aufgefallener Mitarbeiter zum ‚Mitarbeiter des Monats‘, weil sich diese in ihrer hervorgehobenen Rolle unwohl fühlten und Neider fürchteten. Auch gab es von Seiten des deutschen Betriebsrats starke Kritik, weil er der Überzeugung war, dass die Mitarbeiter durch die besonderen Ernennungen ungleich behandelt würden.

In Anlehnung an die Mitarbeiterführung in den amerikanischen Filialen wurde eine sehr ergebnisorientierte Personalführung praktiziert und viel Feedback gegeben, was aber von den deutschen Mitarbeitern nicht ohne weiteres angenommen wurde.

Während die Geschäftsführung anfangs der Meinung war, eine kulturelle Revolution durchführen zu können, war man sich zuletzt der Notwendigkeit einer kulturellen Evolution und der Anpassung an lokale Spezifika und Gegebenheiten bewusst.

Die bereits als besonderes Charakteristikum der Märkte genannte Open Door Policy wurde auch in Deutschland verfolgt. Vor allem in der Zentrale äußerte sich dies durch Glastüren in fast allen Büros, häufig aufstehende Türen und eine weit verbreitete Duz-Kultur, was allerdings auch auf den sehr niedrigen Altersdurchschnitt von Mitte/Ende Dreißig zurückzuführen war. So wurde auch offen thematisiert, dass die Supermarktkette in Deutschland weniger Erfolg hatte als in anderen Ländern (im Jahr 2003 hatten die deutschen Märkte der Kette fast 2% Umsatz verloren. Weltweit wächst die Supermarktkette seit Jahren bei Umsatz und Gewinn im zweistelligen Prozentbereich, in Deutschland hingegen schreibt das Unternehmen ein operatives Minus von rund 100 Millionen Euro). Die schlechten Umsatzzahlen sehen die Interviewpartner auch als Grund dafür, dass die Mitarbeiter nicht mit vollem Elan die Elemente der Mitarbeitermotivation wie den Cheer mitmachten. Da die Supermarktkette mittlerweile den deutschen Markt verlassen hat, sicher aus einer Mischung aus den genannten kulturellen Schwierigkeiten sowie wirtschaftlichen Gründen, wird die These nicht überprüft werden können.

3.2. Untersuchung 2 - Fallbeispiel einer deutschen Niederlassung in den USA (Maschinenbau)

Die explorativen Interviews gliedern sich in folgende vier Bereiche, in denen die Fragen thematisch zusammengefasst wurden: Fragen zur Tätigkeit; Fragen zur internationalen Zusammenarbeit und Kommunikation; Fragen zur Wahl der Tools in Abhängigkeit zur Situation im Projekt/Team und Fragen zu kulturellen Unterschieden und Empfindungen bei internationaler Zusammenarbeit.

Auffallend ist, dass die Deutschen in den Interviews sehr selbstkritisch waren und negative Eigenschaften „der Deutschen“ nannten. Dies könnte auf das hohe Bedürfnis nach Unsicherheitsvermeidung zurückzuführen sein. Sie sind bereit, an sich zu arbeiten, um die Zusammenarbeit zu verbessern und verlassen sich nicht darauf, dass die andere Partei etwas ändert.

Sowohl Deutsche als auch Amerikaner stufen den Umgangston der Amerikaner als höflicher ein und sagen, dass die Deutschen in ihrer direkten Art teilweise harsch wirken können. Die Erfahrungsberichte vermittelten den Eindruck, die Deutschen würden gerne die Kontrolle haben. Zumindest legen sie Wert darauf, dass die Amerikaner genau wie sie selbst zunächst alle Daten und Fakten bis ins Detail beleuchten. Vorgaben der deutschen Konzernzentrale müssen auch von den Amerikanern eingehalten werden, was für diese anfänglich eine ungewohnte Arbeitsweise war. Viele der amerikanischen Kollegen seien aber inzwischen an diese „Eigenarten“ gewöhnt und übernehmen Dinge, die sie als typisch deutsche Tugenden kennen (z.B. disziplinierte Dokumentation, Zahlenorientierung und „attention to detail“).

Als Beispiel für ein interkulturelles Missverständnis berichtete einer der Experten, dass er unterschiedliche Erfahrungen mit der Geste des Kopfnickens gemacht habe. So bedeute bei Deutschen ein Nicken, dass sie etwas verstanden haben, aber nicht zwangsläufig, dass sie auch zustimmen, wohingegen bei Amerikanern diese Geste auch immer Zustimmung signalisiere.

Besprechungen zeichnen sich – so die Interviewpartner – durch eine unterschiedliche Atmosphäre aus. In Einklang mit den beschriebenen Kulturstandards wurde in den Interviews berichtet, dass die Atmosphäre in amerikanischen Meetings tendenziell legerer ist. Es werden während einer Besprechung immer wieder kleine Witze gemacht. Dies haben die Amerikaner bei den Deutschen noch nicht bemerkt. Ein Interviewpartner sagte: „Germans are very serious, to the point, to the agenda. It's about business all the time but I guess that's what it should be about.“

Zwar ist das Unternehmen in den USA nach deutschem Vorbild strukturiert, doch halten die Amerikaner ihre Hierarchien z.B. durch ein offenes, vertrautes Verhalten und die Ansprache mit Vornamen unter allen Kollegen flach. Neben der strikteren Einhaltung von Prozessen und Hierarchien kommt in Deutschland auch die Größe des Standorts hinzu, der keine so familiäre Atmosphäre wie unter den US-Kollegen zulässt.

Innerhalb einer Abteilung hat ein Amerikaner mehr als eine Aufgabe. Umgekehrt hat er auf deutscher Seite aber mehrere Ansprechpartner. Den Amerikanern scheint es so, als hätten die Deutschen die Aufgaben bzw. Verantwortlichkeiten und deren Grenzen strikt getrennt. Das erschwert die Zusammenarbeit manchmal für die Amerikaner. „To discuss a topic where two Americans cover a field of responsibilities one needs about 12 Germans to cover the same field! [...] Germans work to granular from the American point of view.“

Ein weiterer Einflussfaktor auf die Zusammenarbeit sind Fremdsprachenkenntnisse. Die Befragten gaben an, dass die Kommunikationssprache in der Regel Englisch ist. Ihrer Meinung nach können sich die Amerikaner immer darauf verlassen, dass die Deutschen gut Englisch sprechen. Dennoch gibt es Situationen, in denen die Amerikaner das Gefühl haben, dass sie das Gespräch verlangsamen, weil sie die Deutschen dazu zwingen ihretwegen Englisch zu sprechen. Sie versuchen darauf zu achten, keine Umgangssprache zu benutzen.

In deutsch-amerikanischen Besprechungen müssen sich englische Muttersprachler immer wieder bewusst machen, dass sie es – egal wie gut das Englisch ihrer Kollegen sein mag – nicht mit Muttersprachlern zu tun haben, dabei hatten die deutschen Mitarbeiter ihre Sprachkenntnisse besser eingeschätzt, als diese von ihren amerikanischen Kollegen eingeschätzt wurden.

4 Diskussion und Fazit

Wie aus beiden Untersuchungen hervorgeht, können Probleme in der interkulturellen Kommunikation sowohl auf Regeln der Unternehmenskultur als auch auf kulturellen Unterschieden beruhen. In beiden Fällen, trotz unterschiedlicher Branchen und Firmenpolitik, scheinen die Probleme ähnliche Ursachen zu haben. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die häufigsten Misserfolge in der interkulturellen Zusammenarbeit auf die folgenden Ursachen zurückzuführen sind:

- Ähnlichkeit statt Unterschiede werden vorausgesetzt,
- unzureichende Sprachkenntnisse und interkulturelle Kenntnisse,
- Stereotypen und Vorurteile,
- Fehlinterpretation nonverbaler Zeichen bzw. unzureichende Kenntnis der Verhaltensmuster
- Übertragen der eignen Werte und Regeln auf ein anderes Orientierungssystem,
- Ablehnung der geschriebenen oder ungeschriebenen Regeln und

- der Versuch, einem System die eigenen persönlichen Normen aufzuerlegen und Veränderungen oder tief greifende Störungen im Normensystem, wie sie z.B. bei Fusionen oder Übernahmen entstehen können (vgl. Jandt 2003, S. 74ff; Hall & Hall 1983, S. 16).

Um Missverständnisse in der interkulturellen Kommunikation bzw. in diesem Fall bei der Zusammenarbeit zwischen Deutschen und Amerikanern zu vermeiden, ist es daher von größter Wichtigkeit, sich mit den vorangegangenen Kulturstandards auseinanderzusetzen. Da es jedoch kein allumfassendes Lexikon über kulturelle Verhaltensweisen gibt, zählt vor allem die persönliche Erfahrung. Wahre interkulturelle Kompetenz kann nur in der Praxis erworben werden. Hierbei ist ein behutsames Vorantasten, Offenheit gegenüber Unbekanntem, Feinfühligkeit und Aufmerksamkeit von allergrößtem Vorteil. Auch wenn man seine eigene Kultur niemals ablegen können wird, sollte es für erfolgreiche internationale Zusammenarbeit das Ziel sein, sich nicht länger nur der eigenen kulturellen Gruppe zugehörig zu fühlen, sondern die Orientierungssysteme anderer zu erkennen, zu akzeptieren und sich daran anpassen zu können (vgl. Schmidt LeMont 2000, S. 103).

Die wichtigste aller Regeln, die nach all diesen Hinweisen nicht vergessen werden darf, ist sich vor allem natürlich zu verhalten. Auch wenn Deutsche dazu neigen, Regeln aufzustellen, um sich abzusichern, sollte nicht vergessen werden, dass die menschliche Kommunikation schon seit Urzeiten funktioniert. Daher wird der Mensch auch einen Weg finden, immer neue Medien und Wege der Kommunikation für sich optimal zu nutzen.

5. Literatur

1. Adler, N.J. 2002, International Dimensions of Organizational Behavior, 4. Ausgabe. Cincinnati: South-Western.
2. Hall, E.T. & Hall, M.R. 1983, Verborgene Signale: Studien zur internationalen Kommunikation: Über den Umgang mit Amerikanern. Hamburg: Gruner + Jahr.
3. Jandt, F.E. 2003, An Introduction to Intercultural Communication: identities in a global community, 4. Auflage. Thousand Oaks: Sage.
4. Klimecki, R.G. 1996, Mitarbeiterführung in fremden Kulturen. In: K. Macharzina & J. Wolf (Hrsg.), Handbuch internationales Führungskräfte-Management. Stuttgart: Raabe-Verlag, 337-352.
5. Risch, S., Sommer, C. & Wöhrle, T. 1998, Love it- or leave it, Manager Magazin, 2, 165-177.
6. Schmidt LeMont, P. 2000, Die amerikanische und die deutsche Wirtschaftskultur im Vergleich: Ein Praxishandbuch für Manager. Göttingen: Hainholz.
7. Thomas, A., Kinasyt, E.-U. & Schroll-Machl, S. (Hrsg.) 1995, Handbuch Interkulturelle Kommunikation und Kooperation, Band 1: Grundlagen und Praxisfelder. Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht, 324-340.

Arbeitsorganisatorische Planung und Ressourcenausstattung von Entwicklungsprojekten mit unsicheren Aktivitätszusammenhängen

Bernhard KAUSCH, Sven TACKENBERG, Morten GRANDT und Christopher M. SCHLICK

*Lehrstuhl und Institut für Arbeitswissenschaft der RWTH Aachen,
Bergdriesch 27, D-52062 Aachen*

Kurzfassung: Zwischen dem vorausgedachten Projektplan und dem tatsächlichen Projektverlauf liegen eine Vielzahl nur schwer vorhersehbarer Ereignisse. Um deren Anzahl zu reduzieren, kann die Simulation unterschiedlicher möglicher Projektkonstellationen und -verläufe entscheidungsrelevante Informationen liefern. Die hier vorgestellte Methodik unterstützt Projektplaner bei der Aufstellung von Projektmodellen und ermöglicht es, alternative Projektverläufe und den Einfluss unterschiedlicher Projektkonstellationen auf den Projektverlauf zu analysieren. Um diesen Vorteil einer entwickelten Unterstützungsmethodik zu validieren, wurden Projekte unterschiedlicher Komplexität simuliert. Ausgewählte Ergebnisse werden im folgenden Artikel zusammengefasst.

Schlüsselwörter: Entwicklungsprojekt, Projektmanagement, Projektsimulation, Personalplanung.

1. Einleitung

Um vor Projektbeginn Projektaufwand und Projektdauer kalkulieren sowie die in ihnen enthaltenen Aktivitäten aufeinander abstimmen zu können, werden Projektpläne erstellt. Stark vereinfachte Annahmen, wie bspw. dass der Arbeitsumfang einzelner Aktivitäten bekannt und die zeitlichen und inhaltlichen Abhängigkeiten zwischen den Aktivitäten fest vorgegeben sind, führen aber dazu, dass mit fortschreitendem Projektverlauf Plan und Wirklichkeit zunehmend divergieren. Um insbesondere die terminlichen Zielgrößen einhalten zu können, wird diesem Effekt meist durch einen vermehrten Personal- und Ressourceneinsatz entgegengesteuert. Der aus Unterschieden zwischen Planung und tatsächlichem Projektverlauf resultierende Korrekturaufwand kann dabei so hoch ausfallen, dass in einigen Quellen der Nutzen strategischer Projektplanung mittels etablierter statischer Methoden, wie der Netzplantechnik, der Critical-Path-Method (CPM) oder Gantt-Charts, gänzlich in Frage gestellt wird ((Andersen 1996)).

Dynamische Planungsmethoden, die zahlreiche, mit Wahrscheinlichkeiten behaftete Projektkonstellationen ermitteln und abbilden können, werden den tatsächlichen Eigenschaften von Projekten deutlich besser gerecht. Mit ihrer Hilfe können Manager bereits in der Projektplanung unterschiedliche Alternativen berücksichtigen und die von ihnen abhängigen Effekte auf das Gesamtprojekt beurteilen.

2. Methodik und Untersuchungsgegenstand

Das zur Personal- sowie Ressourcenausstattung und zur arbeitsorganisatorischen Planung von Entwicklungsprojekten mit unsicheren Aktivitätszusammenhängen entwickelte Methodenbündel umfasst neben einer semi-formalen Methode zur partizipativen Modellierung von Entwicklungsprojekten (Schneider & Kausch 2006) ein Simulationssystem (Kausch et al. 2006) sowie eine bei der Aufbereitung und Darstellung der Simulationsergebnisse unterstützende Benutzungsschnittstelle. Das Petrinetz-basierte Simulationssystem bildet den Kern der Methode. Es besteht im Wesentlichen aus dem Aktivitätsnetz, aus vier Partialmodellen, welche spezifische Eigenschaften und die Dynamik der Arbeitspersonen, der Ressourcen, Informationselemente und der einzelnen Aktivitäten detailliert beschreiben, und einem Interaktionsalgorithmus, der in (Schlick et al 2008) ausführlich dargestellt ist. Es ermittelt sämtliche im Projektmodell enthaltenen alternativen Aktivitätskonstellationen unter gegebenen unabhängigen Variablen, wie bspw. der Anzahl und Qualifikation der beteiligten Mitarbeiter oder der verfügbaren Werkzeuge und Ressourcen. In der Simulation können verschiedene abhängige Variablen errechnet werden, wie bspw. die Gesamtdauerdauer, die Mitarbeiter- und Ressourcenauslastung oder der Anteil parallel bearbeitbarer Aktivitäten..

Um das entwickelte Simulationssystem zu verifizieren, erfolgte seine Anwendung zunächst auf ein theoretisch entwickeltes Beispielprojekt (Eggersmann 2005; Schlick & Kausch 2007). Die Ergebnisse wurden durch Experten der verfahrenstechnischen Industrie als valide bewertet, so dass im Weiteren drei a priori und ein a posteriori durchgeführte(s) Projekt(e) in Referenzunternehmen aufgenommen und simuliert wurden. Aufgrund eigener Erhebungen bei erfahrenen Projektleitern (mehr als drei Jahre Projektverantwortung) zwölf unterschiedlicher verfahrenstechnischer Unternehmen, konnten sowohl auf der Eingangsseite (Aktivitätsstruktur, Mitarbeiteranzahl, Ressourcenverfügbarkeit) als auch auf Ergebnisseite (Projektdauer und -kosten, Personalauslastung, Qualifizierungsbedarf) unterschiedliche Parameter identifiziert werden, deren Aussagekraft für die Planung, die Koordination, die Kalkulation und das Controlling von Projekten als relevant eingestuft wurden.

Zum Zweck der Validierung wurden zwei Projekte ausgewählt und exemplarisch gegenübergestellt. Beide Projekte weisen aufgrund ihres Umfangs sowie hinsichtlich ihrer Struktur und ihrer stochastischen Freiheitsgrade wesentliche Unterschiede voneinander auf. Projekt 1 (32 Aktivitäten) – Entwicklung einzelner Laborelemente – ist gekennzeichnet durch abstrakte Ablaufarten, deren tatsächliche Reihenfolge erst bei jedem Simulationslauf endgültig festgelegt wird. Alternative Ausführungen, die bspw. die gegenseitig ausschließliche Bearbeitung unterschiedlicher Aktivitäten alternativ erlauben, sind nicht vorgesehen. Derartige Ablaufalternativen sind in Projekt 2 (62 Aktivitäten) – Entwicklung einer verfahrenstechnischen Anlage – berücksichtigt. Projekt 2 erlaubt so z.B. Eigenleistungen des Kunden und die Vergabe von Arbeiten an Zulieferer.

Zur Untersuchung des Simulationsmodells wurde zum einen die Mitarbeiteranzahl, zum anderen die Anzahl der zur Projektdurchführung verfügbaren Werkzeuge variiert. Mittels zweifaktorieller Varianzanalyse wurden die Konstellationen mit signifikantem Einfluss auf die Gesamtprojektdauer (abhängige Variable) identifiziert. Um durch eine systematische Variation der N_{Akteure} das Systemverhalten zu untersuchen, wurde in beiden Projekten mit der mindestens erforderlichen Mitarbeiterzahl $N_{\text{Akteure,min}} = 3$ begonnen, so dass initial alle zur Projektbearbeitung nötigen Fähigkeiten abgebildet waren. Das Simulationsmodell berücksichtigt auch die variable

Qualifikation der Mitarbeiter. Bei der Variation der Mitarbeiterzahl wurde den Projekten deshalb Mitarbeiter mit differenziertem Qualifikationsprofil zugeordnet. In Projekt 1 wurde die Anzahl der Mitarbeiter in sieben Stufen sukzessiv auf 10 erhöht. Im zweiten Projekt wurden 11 verschiedene Teamkonstellationen getestet. Auf diese Weise konnten den einzelnen Mitarbeitern die Veränderungen der Gesamtprojektlaufzeit zugeordnet und so die zur Projektbearbeitung wesentlichen Qualifikationen identifiziert werden.

Weiterhin wurde die Anzahl der unterschiedlichen zur Projektbearbeitung erforderlichen Werkzeuge experimentell variiert: In Projekt 1 wurden 6 bis 12, im zweiten Projekt 11 bis 23 unterschiedliche „Tools“, z.B. Softwarelizenzen, Laboreinrichtungen oder Maschinen, eingesetzt. Bei der experimentellen Variation der Anzahl verfügbarer Tools wurde mit jeder Stufe die Verfügbarkeit jedes einzelnen Werkzeuges um ein weiteres, parallel verfügbares Exemplar erhöht.

3. Ergebnisse

Das in Abbildung 1 dargestellte, aus den Mittelwerten der einzelnen Simulationsläufe erzeugte „Ergebnisgebirge“ von Projekt 1 zeigt unabhängig von der Anzahl der eingesetzten Werkzeuge mit drei beteiligten Personen eine etwa konstante Gesamtprojektlaufzeit auf Höhe der Ebene 1. Auch bei Vervielfachung der verfügbaren Werkzeuge zeigt sich keine signifikante Reduktion der Projektdauer zwischen 312 und 316 Zeiteinheiten (ZE).

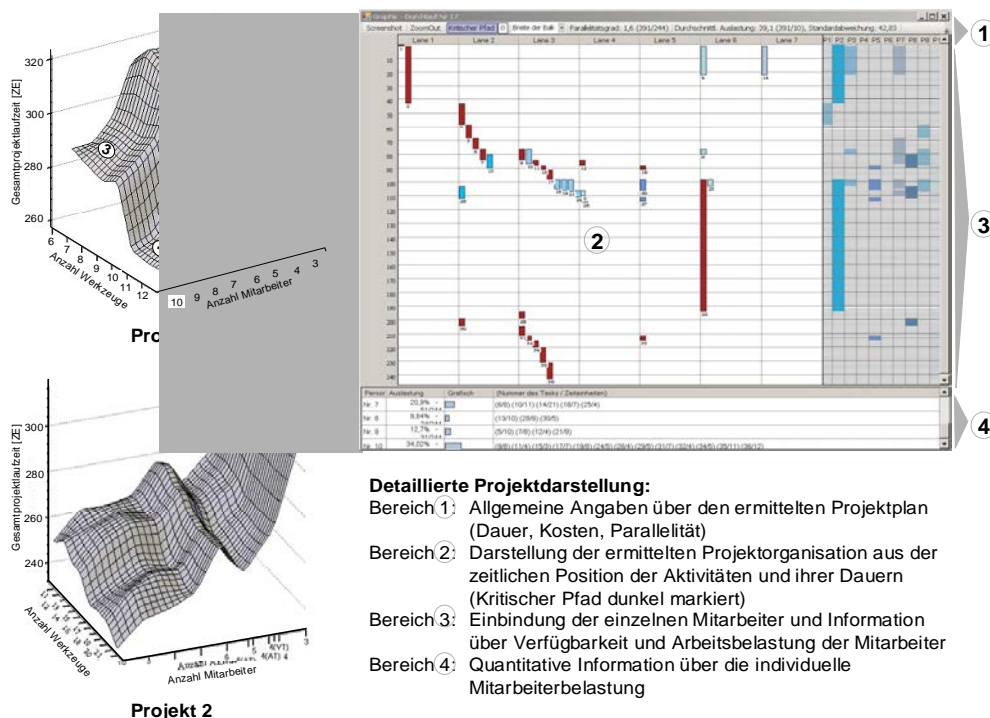


Abbildung 1: Darstellung der Simulationsergebnisse von Projekt 1 und 2 sowie detaillierte Ausgabe durch die Benutzungsschnittstelle aufbereitete Informationen zur Entscheidungsunterstützung

Aus der Aufnahme einer vierten Person in das Projektteam sowie der Ergänzung des Werkzeugportfolios um das Werkzeug Nr. 10 resultiert bereits eine signifikante Verkürzung der Projektlaufzeit um ca. 7,5% auf etwa 290 (ZE) (Ebene 1 → Ebene 2).

Alternativ lässt sich ohne weitere Werkzeuge eine ähnliche Reduktion der Projektlaufzeit (ca. 9% auf etwa 286 (ZE)) bei Verstärkung des Teams durch Person Nr. 8 erreichen (Ebene 1 → Ebene 3).

Um hinsichtlich der Projektlaufzeit eine optimale Konstellation zu erreichen, ist das globale Minimum der in Abbildung 1 dargestellten Fläche zu suchen (Konstellationen in Ebene 4, Reduktion der Gesamtprojektdauer um 16%). Anhand der Simulationsergebnisse kann geschlossen werden, dass zusätzlich zur Grundausstattung des Projektes (6 unterschiedliche Werkzeuge, 3 Mitarbeiter) noch zwei Mitarbeiter mit Charakteristiken der Personen 4 und 8 und ein zusätzliches Werkzeug vom Typ 10 ergänzt werden sollte. Zusätzlich liefert die Software einen Projektplan, der eine bestmögliche Abstimmung der Aktivitäten untereinander und auf die verfügbare Projektkonstellation bietet.

In Projekt 2 kann durch Einbindung dreier weiterer Personen, mit den Eigenschaften der Personen 4(AT), 5(AT) und 10, eine Reduzierung der Projektlaufzeit um ca. 20% (von 308 (ZE) auf 248 (ZE)) erzielt werden. Variiert man auch die Anzahl der verfügbaren Werkzeuge, zeigt sich bei Hinzunahme der Tools 15, 17 und 23, dass sich die Projektlaufzeit gegenüber der Basisausstattung von 11 Tools nochmals um ca. 5% verringern lässt. Simulationsbasiert kann eine Reduzierung der ursprünglich ermittelten Projektlaufzeit von 308 (ZE) auf 236 (ZE) und damit um insgesamt ca. 23% erwartet werden.

4. Interpretation und Ausblick

Diese Ergebnisse zeigen, dass die Projektdauer durch Anwendung simulationsgestützter Projektplanung erheblich reduziert werden kann. Bei hoher Projektkomplexität wird dem Projektplaner dadurch ermöglicht, die Auswirkungen veränderter Rahmenbedingungen umfassend zu analysieren. Der hier vorgestellte Ansatz erlaubt unter anderem die Abschätzung möglicher Effekte unterschiedlicher Projektausstattungen auf die Projektlaufzeit und gibt konkrete Hinweise auf die damit verbundene arbeitsorganisatorische Struktur der einzelnen Aktivitäten.

5. Literatur

1. Andersen, E.S. 1996, Warning: activity planning is hazardous to your project's health!, *International Journal of Project Management*, 14, 89–94.
2. Eggersmann, M. 2004, Analysis and Support of Work Processes Within Chemical Engineering Design Processes, *Fortschritt-Berichte VDI*, Nr. 840. Düsseldorf: VDI-Verlag.
3. Kausch, B., Schneider, N., Grandt, M. & Schlick, C.M. 2006, An Integrative Simulation Model for Project Management in Chemical Process Engineering. In: A. Nketsa, M. Paludetto & C. Bertelle (Eds.), *The 2006 European Simulation and Modeling Conference*. Ghent: EUROSIS- ETI, 501-508.
4. Schlick, C.M. & Kausch, B. 2007, Entwicklungsprojekte - Die Planung ihrer Organisation, *Industrie Management*, 23/2, 49-52.
5. Schneider, N. & Kausch, B. 2006, Simulationsgestützte Optimierung der Organisationsgestaltung in Entwicklungsprozessen. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg.), *Innovationen für Arbeit und Organisation*. Dortmund: GfA-Press, 431-436.

Beteiligungsorientierung und Durchlässigkeit von Wissen als Triebkräfte für Innovationsprozesse

Monique WÖLK

*Institut für Arbeitswissenschaft, Universität Kassel,
Heinrich-Plett-Str. 40, D-34109 Kassel*

Kurzfassung: Im Beitrag werden Ergebnisse aus dem Forschungsprojekt ‚InnoPart – Partizipation und Innovation‘ vorgestellt, das am Institut für Arbeitswissenschaft (IfA) in Kooperation mit dem Fachgebiet Politikwissenschaft und dem Fachbereich Wirtschaftswissenschaften der Universität Kassel durchgeführt wurde. In dem Projekt wird der Einfluss einer partizipativen Arbeitsgestaltung und eines beteiligungsorientierten Wissensmanagements auf den Innovationserfolg von Unternehmen mit einer Kombination aus quantitativen und qualitativen Forschungsmethoden untersucht. Der Beitrag zeigt auf, inwiefern unternehmensinterne Strukturen und Bedingungen auf den Erfolg von Wissensmanagement-Prozessen einwirken.

Schlüsselwörter: Innovation, Partizipation, Organisationsgestaltung, Wissensmanagement.

1. Einleitung

Vor dem Hintergrund einer zunehmenden Internationalisierung und Globalisierung der Märkte, ihrer erhöhten Komplexität und Dynamik sowie der verstärkten Wissensbasierung von Produkten und Dienstleistungen stehen Unternehmen vor der Herausforderung, gravierende organisatorische Anpassungsprozesse bewältigen zu müssen (vgl. Perl 2003; Doppler & Lauterburg 2002). Dabei spielt ihre Innovationsfähigkeit eine besondere Rolle. Denn es gilt sowohl, innovative Produkte und Dienstleistungen zu entwickeln und umzusetzen, um im Wettbewerb bestehen zu können, als auch die unternehmensinternen Prozesse so zu gestalten, dass eben diese Entwicklungstätigkeiten unterstützt und (Arbeits-)Abläufe möglichst effizient ausgeführt werden.

Unternehmensinternen Wissensmanagement (WM-)Prozessen kommt in diesem Zusammenhang eine besondere Bedeutung zu: Ohne die Generierung neuen und die Verbreitung bereits vorhandenen Wissens im Unternehmen ist es kaum möglich, die notwendigen Innovationsprozesse anzustoßen und zu meistern, denn diese entstehen in den meisten Fällen erst durch die Kooperation verschiedener Personen mit unterschiedlichen Wissensbeständen im Unternehmen. Wissen wird damit aus ökonomischer Sicht eine kritische Ressource im Prozess der Arbeit und seine Organisation zu einer unternehmerischen Kernkompetenz, die für das Bestehen auf dem Markt von unerlässlicher Bedeutung ist (vgl. Edvinson & Brünig 2000; Willke 2001).

In dem Beitrag werden Ergebnisse aus dem Forschungsprojekt ‚InnoPart – Partizipation und Innovation‘ vorgestellt, das im Zeitraum 2005 bis 2007 an der Universität Kassel bearbeitet und von der Hans-Böckler-Stiftung gefördert wurde. Im Rahmen der ersten empirischen Erhebungsphase des Projektes konnte an einer branchen- und betriebsgrößenübergreifenden Stichprobe von n=529 nordhessischen Unternehmen mittels Regressionsanalysen gezeigt werden, dass eine partizipative Arbeitsgestaltung und ein beteiligungsorientiertes Wissensmanagement einen gemein-

samen, signifikanten Einfluss auf den Innovationserfolg von Unternehmen im Bereich der Produkte bzw. Dienstleistungen sowie im Bereich der Prozesse besitzen (vgl. Blume & Gerstlberger 2007). Der hier vorliegende Beitrag geht vor diesem Hintergrund der Frage nach, welche unternehmensinternen Strukturen und Bedingungen schließlich für den Erfolg von Wissensaustauschprozessen entscheidend sind und welche Zusammenhänge zwischen einer partizipativen Arbeits- und Organisationsgestaltung und erfolgreichen WM-Prozessen bestehen.

2. Methode

Die vorgestellten Ergebnisse basieren auf den Daten der zweiten und dritten empirischen Erhebungsphase im Rahmen des Forschungsprojektes ‚InnoPart – Partizipation und Innovation‘. Dabei handelt es sich (1) um die Befragung von $n=51$ Betriebsräten nordhessischer Unternehmen mittels eines standardisierten Fragebogens im Sommer 2006. Die Stichprobe besteht aus Unternehmen unterschiedlicher Größen aus dem Bereich des produzierenden und verarbeitenden Gewerbes (Industrie und Handwerk) sowie aus dem Dienstleistungssektor (ohne Handel, Kreditgewerbe und staatlichem Sektor). Die Betriebsräte wurden um Angaben zu den folgenden Aspekten gebeten: partizipative Arbeitsgestaltung, Umgang mit Informationen und Wissen im Unternehmen, Einsatz und Erfolg verschiedener Instrumente im Rahmen von WM-Prozessen sowie Einschätzungen zum Erfolg von WM-Prozessen. Letztere bildeten die Grundlage für die Berechnung eines Summenindexes, der den Gesamterfolg von WM-Prozessen im Unternehmen widerspiegelt.

Darüber hinaus wurden (2) elf Fallstudien in nordhessischen Unternehmen durchgeführt, die dazu dienten, die organisationale Ausgestaltung der innerbetrieblichen WM-Prozesse genauer zu analysieren und ihre Wechselwirkungen mit einer partizipativen Arbeitsgestaltung, dem Führungsverhalten und der Unternehmenskultur zu untersuchen. Im Rahmen der Fallstudien wurden insgesamt 24 leitfadengestützte Interviews mit Beschäftigten, Betriebsräten und Mitgliedern der Geschäftsleitung durchgeführt. Die untersuchten Unternehmen stammen – wie bei der vorangegangenen, schriftlichen Betriebsrätebefragung – aus dem produzierenden und verarbeitenden Gewerbe sowie aus dem Dienstleistungssektor. Es handelt sich um zwei kleine Unternehmen mit weniger als 50 Beschäftigten, vier mittlere Unternehmen mit jeweils 50 bis 250 Beschäftigten und insgesamt fünf Großunternehmen, von denen zwei Betriebe mehr als 500 Personen beschäftigen.

3. Ergebnisse

Die an der Betriebsrätebefragung beteiligten Unternehmen wurden mit Hilfe einer Clusteranalyse in zwei Gruppen aufgeteilt. Die Gütekriterien der anschließenden Diskriminanzanalyse zeigen, dass sich die beiden Gruppen signifikant voneinander trennen lassen und zwischen einem beteiligungsorientierten Unternehmenscluster ($n=25$) und einem nicht-beteiligungsorientierten Unternehmenscluster ($n=26$) unterschieden werden kann. Chi²-Tests zeigen, dass der Erfolg von WM-Prozessen in dem beteiligungsorientierten Cluster höher eingeschätzt wird als im nicht-beteiligungsorientierten Cluster ($\text{Chi}^2=12,87$; $\text{df}=1$; $p<.01$) (vgl. Wölk 2008).

Darüber hinaus lassen sich durch eine Faktorenanalyse (Hauptkomponentenanalyse mit Varimax-Rotation) insgesamt vier Dimensionen identifizieren, die einen star-

ken, positiven Zusammenhang mit der Erfolgseinschätzung von WM-Prozessen aufweisen. Es handelt sich dabei (a) um einen systematischen und offenen Umgang mit Wissen im Unternehmen (Pearson's $r^2=.60$; $p<.01$), (b) um ein stark kooperatives Verhältnis zwischen Betriebsrat und Unternehmensleitung (Pearson's $r^2=.55$; $p<.01$), (c) um eine hohe Durchlässigkeit von Wissen zwischen verschiedenen Abteilungen und Hierarchieebenen (Pearson's $r^2=.56$; $p<.01$) sowie (d) großen Handlungs- und Entscheidungsspielräumen der Beschäftigten im Rahmen der Arbeitsgestaltung (Pearson's $r^2=.47$; $p<.01$) (vgl. Wölk 2008).

Zusammenfassend zeigt sich, dass die Verankerung organisationaler Strukturen und Routinen zum Umgang mit Informationen und Wissen im Unternehmen neben einer partizipativen Arbeitsgestaltung zum Erfolg von WM-Prozessen beiträgt. In diesem Zusammenhang spielen auch eine offene und beteiligungsorientierte Unternehmenskultur, ein kooperativer Führungsstil sowie eine hohe Arbeitszufriedenheit der Beschäftigten eine wichtige Rolle. Diese Aspekte wurden im Rahmen der Fallstudien näher untersucht.

Es stellte sich heraus, dass die Etablierung einer offenen und beteiligungsorientierten Wissenskultur im Unternehmen für den Erfolg von WM-Aktivitäten und Innovationsprozessen von Bedeutung ist. Vor allem dann, wenn die Beschäftigten selbstverantwortlich mit ihrem arbeitsbezogenen Wissen und den zur Erfüllung ihrer Arbeitsaufgaben notwendigen Informationen umgehen können, lassen sich positive Effekte feststellen. In den entsprechenden Unternehmen unterstützen die Führungskräfte den abteilungs- und hierarchieebenenübergreifenden Informations- und Wissensaustausch dadurch, dass sie die Umsetzung entsprechender organisationaler Routinen fördern, den Beschäftigten darüber hinaus aber keine weiteren Vorgaben im Rahmen des Informations- und Wissensaustausches machen. In drei der insgesamt elf untersuchten Unternehmen lässt sich diese Vorgehensweise besonders gut beobachten. Es handelt sich dabei um ein Unternehmen aus dem Dienstleistungssektor, in dem die Beschäftigten hauptsächlich kognitive Arbeitsleistungen erbringen müssen, z. B. in Form der Berechnung statistischer Modelle oder der Ausarbeitung von Verträgen und Marketingstrategien. Das zweite Unternehmen stammt aus dem Bereich der Elektrotechnik. Hier beziehen sich die Angaben zum Umgang mit Informationen und Wissen im Unternehmen auf die Beschäftigten der Forschungs- und Entwicklungs- (F&E)Abteilungen. Beim dritten Unternehmen handelt es sich schließlich um ein Unternehmen aus dem Gesundheitssektor, in dem die Arbeit der Beschäftigten vor allem in der Erbringung personaler Dienstleistungen besteht.

Allen drei Unternehmen ist gemeinsam, dass die Führungskräfte den Informations- und Wissensaustausch zwischen den Beschäftigten für unabdingbar im Rahmen der Leistungserbringung halten. Dies zeigt sich beispielsweise an dem folgenden Zitat, das aus dem Interview mit der Geschäftsleitung des Gesundheitsdienstleisters stammt: „Die Information muss laufen. Das hat zur Folge, dass die Pflege bei den Arztbesprechungen [...] dabei ist, aber auch die Krankengymnastik, aber auch die Massage. Weil ja an diesen Orten sehr viel Informationen fließen, die sonst weg sind. Und die zurückgemeldet werden an den Therapeuten oder an den Doktor.“ (GF, 11, Absatz 38 & 39). Die Implementierung von Besprechungsstrukturen besitzt auch in den beiden anderen Unternehmen einen hohen Stellenwert. Das befragte Unternehmen aus dem Bereich der Elektrotechnik nutzt beispielsweise regelmäßige Treffen zwischen den Beschäftigten der F&E-Abteilungen, um einerseits den Austausch über aktuelle Projekte und Probleme zwischen den MitarbeiterInnen, und andererseits die Vernetzung der Beschäftigten untereinander zu fördern. Hier steht seitens der Führungskräfte die Ansicht im Vordergrund, dass nur durch die persönliche Bekannt-

schaft und Vernetzung der MitarbeiterInnen untereinander ein zielgerichteter und effizienter Informationsfluss zwischen den Abteilungen und Hierarchieebenen etabliert werden kann. Mit der Implementierung eines Patenschaftssystems für jüngere und neue MitarbeiterInnen setzt das dritte Unternehmen ebenfalls auf eine starke Vernetzung der Beschäftigten. Interessant ist dabei, dass alle drei Unternehmen den persönlichen Austausch zwischen den Beschäftigten als besonders wertvoll einschätzen. Dahinter steht die Einsicht, dass Wissen im Sinne Polanyis (1958) immer auch einen impliziten Aspekt besitzt, der eng mit den persönlichen Erfahrungen eines Menschen verbunden ist und speziell bei der Erbringung kognitiver Arbeitsleistungen und personenbezogener Dienstleistungen eine wichtige Rolle spielt. In diesem Rahmen setzen die hier angesprochenen Unternehmen sehr gezielt auf die Förderung direkter Interaktionsprozesse zwischen den Beschäftigten: „...genauso wichtig ist die Kaffeemaschine und das ist das, [...] was dann oft untergeht [...], dass die Leute denken, ein Wissensmanagementtool muss unbedingt unter DOS oder was weiß ich was laufen. Das läuft bei uns auch mit Kaffee und Wasser [...], das ist genauso wichtig.“ (WM, 02, Absatz 211).

4. Fazit

Es lassen sich zwei zentrale Aspekte identifizieren, denen zur Erreichung einer nachhaltigen Innovativität von Unternehmen eine besondere Aufmerksamkeit gebührt. Dabei handelt es sich zum einen um die frühzeitige, intensive und gestaltende Einbindung von Beschäftigten in die Arbeitsorganisation und in unternehmerische Veränderungsprozesse. Zum anderen muss der unternehmensinterne Umgang mit und die Organisation von Informationen und Wissen überprüft und so angepasst werden, dass ein strukturierter, abteilungs- und hierarchieebenenübergreifender Informations- und Wissensaustausch im Unternehmen geschaffen wird.

Im Rahmen der Fallstudien hat sich darüber hinaus gezeigt, dass eine offene Wissens- und Unternehmenskultur, in der der selbstverantwortliche Umgang der Beschäftigten mit Informationen und Wissen sowie die sozialen Kontakte von MitarbeiterInnen untereinander durch die Führungskräfte unterstützt und gefördert werden, entscheidend zum Erfolg von WM-Aktivitäten und Innovationsprozessen beitragen kann.

5. Literatur

1. Blume, L. & Gerstlberger, W. 2007, Determinanten betrieblicher Innovation: Partizipation von Beschäftigten als vernachlässigter Einflussfaktor, Industrielle Beziehungen, 14, 223-244.
2. Edvinson, L. & Brünig, G. 2000, Aktivposten Wissenskapital – Unsichtbare Werte bilanzierbar machen. Wiesbaden: Gabler.
3. Doppler, K. & Lauterburg, Ch. 2002, Change-Management. Den Unternehmenswandel gestalten. Frankfurt am Main: Campus.
4. Perl, E. 2003, Grundlagen des Innovations- und Technologiemanagements. In: H. Strebel (Hrsg.), Innovations- und Technologiemanagement. Wien: WUV, 15-48.
5. Polanyi, M. 1958, Personal Knowledge. Chicago: University of Chicago Press.
6. Willke, H. 2001, Systemisches Wissensmanagement. Stuttgart: Lucius & Lucius.
7. Wölk, M. 2008, Partizipative Arbeitsgestaltung – Neue Perspektiven für das Wissensmanagement, Dissertation am Institut für Arbeitswissenschaft (IfA) der Universität Kassel, im Druck.

Kompetenznetz Moderne Arbeit (KomNet) – Beratung und Wissen mit Methode

Michael DEILMANN¹, Klaus NOLTING², Karl-Heinz LANG³,
Andreas SAßMANNSHAUSEN³ und Andreas SCHÄFER³

¹ *Ministerium für Arbeit, Gesundheit und Soziales des Landes
Nordrhein-Westfalen, Fürstenwall 25, D-40219 Düsseldorf*

² *Bezirksregierung Köln, Dezernat 57, Schanzenstraße 38, D-51063 Köln*

³ *Institut für Arbeitsmedizin, Sicherheitstechnik und Ergonomie e.V. (ASER) an der
Bergischen Universität Wuppertal, Corneliusstr. 31, D-42329 Wuppertal*

Kurzfassung: Mit dem Kompetenznetz Moderne Arbeit (KomNet) hat das Land Nordrhein-Westfalen zusammen mit dem Institut ASER e.V. an der Bergischen Universität Wuppertal in den 1990-iger Jahren ein Konzept für Wissensmanagement entwickelt, das hohe Problemlösungskompetenz mit einer integrierten Servicestrategie verbindet. Schnell, bequem und für die Nutzer kostenfrei kann für unterschiedlichste Themenbereiche das Fachwissen und die Praxiserfahrungen von Fachleuten der Partnerorganisationen zu einer virtuellen "Wissens- und Service-Community" verknüpft werden.

Schlüsselwörter: Wissensmanagement, Chemikaliensicherheit, Arbeitsschutz und -gestaltung, Berufswiedereingliederung, Qualifizierung.

1. Einleitung

Service- und Wissensmanagement ist für Unternehmen und Verwaltungen ein kritischer Erfolgsfaktor. Kunden verlangen heute von der privaten Wirtschaft und der öffentlichen Verwaltung maßgeschneiderte Beratungsservices (vgl. Umsetzung der EU-Dienstleistungsrichtlinie; Einführung eines „Bürgertelefons 115“ in Deutschland). Obwohl immer mehr Wissen potentiell zur Verfügung steht, wird es aber immer schwieriger und aufwändiger, auf individuelle Fragestellungen auch die "passenden" Antworten und Lösungen schnell zu finden.

Mit dem Kompetenznetz Moderne Arbeit (KomNet) hat das Land Nordrhein-Westfalen zusammen mit dem Institut ASER e.V. an der Bergischen Universität Wuppertal in den 1990-iger Jahren ein Konzept für Wissensmanagement entwickelt, das hohe Problemlösungskompetenz mit einer integrierten Servicestrategie verbindet. Schnell, bequem und für die Nutzer kostenfrei kann für unterschiedlichste Themenbereiche das Fachwissen und die Praxiserfahrungen von Fachleuten der Partnerorganisationen zu einer virtuellen "Wissens- und Service-Community" verknüpft werden (vgl. www.komnet.nrw.de). Mit dem KomNet-System werden seit dem Jahr 1997 schon die Kernkompetenzen unterschiedlichster Fachleute von Partnerorganisationen aus dem Bereich der Arbeitswissenschaft und -wirtschaft genutzt und gemeinsam auch schwierige Fragen aus der Betriebspraxis qualitätsgesichert gelöst und dann anonymisiert und niederschwellig der interessierten Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt. So wurde auf der letztjährigen 30. Internationalen A+A 2007 auch die 10.000 beantwortete Anfrage – durchschnittlich beinhaltet eine Anfrage in etwa drei Fragestellungen – vorgestellt, die von einem Berater eines Technologiezentrums

zum Thema "Bildungsscheck" gestellt wurde.

2. Methode

Schon seit einigen Jahren werden – zunächst ausgehend von der IT-Branche für Supportaufgaben – mittlerweile in vielen großen Dienstleistungsunternehmen sog. User Help Desks bzw. Helpdesk angeboten, deren Service i.a. den von Call Centern erbrachten Service hinsichtlich der Anforderungen an Expertise und Kundenorientierung übersteigt. Denn Service- und Wissensmanagement ist für Unternehmen und Verwaltungen im Internetzeitalter zunehmend ein kritischer Erfolgsfaktor. Web-Kunden werden „Nutzer“, die schnell eher intuitiv als rational „mit dem Mausklick abstimmen“, weil sie schnell und einfach die Möglichkeit dazu haben und vermeintlich oder tatsächliche Webangebote eben nur einen Mausklick weit entfernt sind.

Moderne „Customer Care“-Konzepte beschreiben mögliche Service-Organisationen mit dem Ziel der Optimierung und Automatisierung der Service-Prozesse. Zentrale Bedeutung für die Wirtschaftlichkeit und Anwender- bzw. Nutzerzufriedenheit von Helpdesk-Services haben:

- das Service Desk als einzige Schnittstelle zwischen Helpdesk und Anwendern, z.B. für Beauftragung, Antwortübergabe, externe Statusverfolgung etc.,
- die Arbeitsprozesse und -abläufe zur Vorgangsverfolgung und zur Generierung neuen Wissens,
- eine nichtöffentliche und/oder öffentliche Wissensdatenbanken zum Wissensmanagement für das interne Servicepersonal und für externe Nutzer sowie
- IT-Werkzeuge zur Verknüpfung und zum schnellen Auffinden von Wissen.

Zur optimalen Gestaltung und Unterstützung der Arbeitsprozesse werden heutzutage optimalerweise webbasierte Workflow-Management-Systeme eingesetzt, in denen alle Arbeits- und Kommunikationsschritte für die verschiedenen Anwendungsfälle abgelegt sind und die die verschiedensten Softwarekomponenten für den Zugriff auf Datenbanken, zur Benutzerverwaltung usw. bedarfsweise zur Verfügung stellen. Moderne Suchmaschinen und sog. Ontologiewerkzeuge sorgen dafür, dass auch in großen Wissensbeständen schnell relevante Treffer generiert und verwandte Antworten miteinander semantisch verknüpft werden können. Vereinzelt wird ein für die Öffentlichkeit relevanter Teilbereich der Wissensdatenbank eines Helpdesks auch veröffentlicht – dies erhöht den Wert des Angebotes insbesondere für den internen Anteil der Servicekundschaft, die sich „rund um die Uhr“ bedienen können und erhöht andererseits die Gesamteffizienz des Servicesystems beträchtlich. Neben der Güte der Inhalte ist dabei die Gebrauchstauglichkeit der Wissensdatenbank für die Akzeptanz der interessierten Akteure enorm wichtig.

Ein wichtiges Ergebnis der Erprobung von KomNet in den Jahren 1997 und 1998 war, dass qualifizierte und auf breite Wirkung angelegte Beratung zu Themen mit gewisser Komplexität über einen Telefon- und Mailservice in der Art und Form von Call Centern kaum in Anspruch genommen wurde. Eine Konzeption von Service Centern mit ständiger Expertenpräsenz („Expertenhotline“) wiederum wäre einerseits viel zu Ressourcenaufwändig und unflexibel gewesen; andererseits bleibt die Güte der Expertenantworten und die Systemeffizienz einer Expertenhotline erfahrungsgemäß gegenüber derjenigen von Helpdesks signifikant zurück.

Folglich wurde im Weiteren die flächendeckende Ausgestaltung und der Betrieb von KomNet i.S. eines erweiterten User Help Desks mit folgenden Strukturelementen vorgenommen:

- Expertenpool - verteiltes Wissen von hoher Qualität;
- Kompetenz-Center - Wissensmakler im Kundenauftrag;
- Dialogredaktionen - aus Beratungswissen wird Content.

Derzeit wird die KomNet-Technik für die Zukunft fit gemacht. Unterstützung verteilter, dezentraler Redaktionsteams, Web-2.0-Funktionen, Barrierefreiheit und hohe Usability, vertiefte Schnittstellen zu Front-Desk-Systemen, schnellere Anpassbarkeit an neue Servicefelder und leichtere Einbindung an vorhandene Servicestrukturen und in bestehende Webportale werden damit ermöglicht.

3. Ergebnisse

Zur Zeit werden pro Monat durchschnittlich über 100.000 Dialoge von Nutzern aus der KomNet-Wissensdatenbank abgerufen, ohne dass Dialogabrufe durch Internet-Suchroboter („Crawler“) oder durch KomNet-Systembeteiligte mitgezählt werden, und über 300 neue Anfragen vom KomNet-System beantwortet (Stand: 1. Dez. 2007).

Seit dem 1. Januar 2001 wird die Zufriedenheit der Kunden mit dem KomNet-System kontinuierlich erhoben. Damit liegen Ergebnisse zur Kundenzufriedenheit jetzt über einen vollständigen Siebenjahreszeitraum vor (vgl. Abb. 1). An jeden einzelnen KomNet-Kunden wird nach Abschluss des jeweiligen Frage-Antwort-Vorgangs ein kurzer Bewertungsbogen versandt und um die Bewertung des KomNet-Service in Bezug auf den vorangegangenen Geschäftsprozess anhand vier Merkmalen gebeten. Bisher liegen dem KomNet-System so 2.154 verwendbare Zufriedenheitsbewertungen von direkten KomNet-Kunden vor (Stand: 1. Okt. 2007).

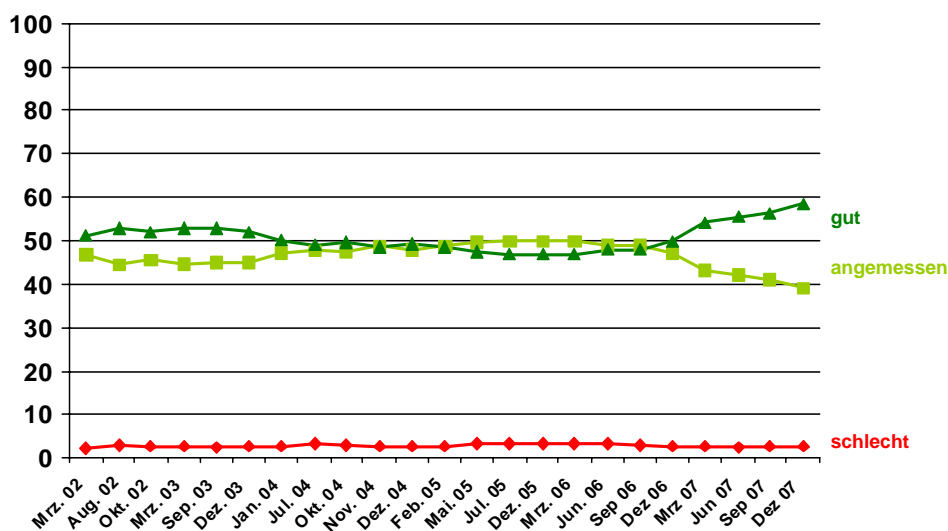


Abbildung 1: Kundenzufriedenheitsentwicklung [%] mit den Vorgangsausgängen nach dem Merkmal der „Verständlichkeit der Antwort“ (N = 2.154, Stand: 01.01.2008)

Von wenigen Ausnahmen abgesehen, bewerteten die Kunden mit 97,4% eine adäquate bzw. gute oder angemessene „Verständlichkeit der Antwort“ (Abbildung 1).

Die Zufriedenheitsergebnisse der Kunden mit dem KomNet-Service bestätigen die hohe Güte der Expertenantworten sowie die Qualitätssicherungsleistungen der Kompetenz-Center.

Dabei deutet das Verhältnis zwischen der direkten Nutzung der KomNet-Wissens-

datenbank und neuen Fragen durch die KomNet-Kunden auf eine hohe und über den Prozess der Generierung und Nutzung von KomNet-Antworten beständig steigenden Effizienz des KomNet-Systems hin (Abbildung 2).

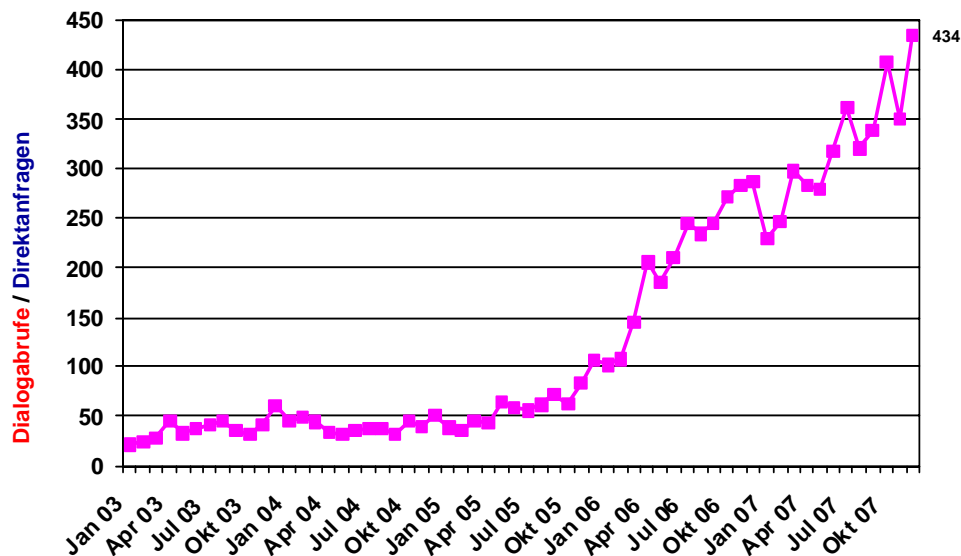


Abbildung 2: Effizienzindikatorentwicklung [abs.] als Verhältnis zwischen Dialogabrufen und Direktanfragen (Stand: 01.01.2008)

Das Kompetenznetz Moderne Arbeit ist als effektives und effizientes Transferinstrument zur nachfrageorientierten und zielgruppenspezifischen Beratung und Informationsvermittlung nunmehr schon einen längeren Zeitraum im Vollbetrieb und so auch recht attraktiv für Interessierte mit ähnlichen Anforderungen oder Vorhaben wie z.B. auch für Organisationen außerhalb des Landes Nordrhein-Westfalen und natürlich für ganz andere Wissensbereiche, wie z.B. die Chemikaliensicherheit (REACH-Net – Beratungsservice; www.reach-net.com) oder die Berufswiedereingliederung (KomNet Berufsrückkehr; Start: Frühjahr 2008).

4. Literatur

1. Deilmann, M. 2008, Integrierte Services zum Themenbereich Beschäftigungsfähigkeit – Neues Arbeiten in NRW: Erfahrungen und Ausblick. In: R. Pieper & K.-H. Lang (Hrsg.), Sicherheitswissenschaftliches Kolloquium 2006 – 2007, Forschungsbericht Nr. 18, Schriftenreihe des Instituts ASER e.V. an der Bergischen Universität Wuppertal. Wuppertal: ASER.
2. Deilmann, M., Kümmel, A., Lang, K.-H., Nolting, K. & Saßmannshausen, A. 2005, Arbeits- und Gesundheitsberatung mit dem KomNet-System, Sichere Arbeit, Heft 3/2005, 19-23.
3. Deilmann, M., Lang, K.-H., Müller, B.H., Saßmannshausen, A. & Tielsch, R. 2002, KomNet – Instrument zur Verbesserung der Arbeitsqualität, Sicherheitsingenieur, Heft 8/2002, 38-42.
4. Kompetenznetz Moderne Arbeit (www.komnet.nrw.com).

Triadengespräche als Methode zum Austausch erfahrungsbasierten Wissens zwischen Experten und Novizen

Michael DICK¹ und Theo WEHNER²

¹ *Otto-von-Guericke Universität Magdeburg, Institut für Erziehungswissenschaft, Zschokkestr. 32, D-39104 Magdeburg*

² *ETH Zürich, Zentrum für Organisations- und Arbeitswissenschaften (ZOA), Kreuzplatz 5, CH-8032 Zürich*

Kurzfassung: Das Triadengespräch wird als Verfahren des Organisationalen Lernens und Wissensmanagements vorgestellt und definiert. Es ermöglicht den Austausch erfahrungsbasierten Wissens zwischen Experten und Novizen im Arbeitsprozess, wie an einem Praxisprojekt empirisch nachgewiesen wurde.

Schlüsselwörter: Wissensmanagement, organisationales Lernen, Erfahrung, Triadengespräch.

1. Einleitung: Organisationales Lernen, Wissen und Erfahrung

Je nach Perspektive wird Wissensmanagement als Anwendungsdisziplin im Paradigma des Organisationalen Lernen angesehen (Pawlowsky 1998; Roehl 2000; Kluge 2003; Dick 2005), oder Wissensmanagement und Organisationales Lernen werden als einander ergänzende Konzepte betrachtet (Hanft 1996; Dierkes et al. 2001; Easterby-Smith 2003). Ohne Frage konvergieren beide Konzepte bei der Frage danach, wie zielorientiertes, gemeinschaftliches und innovierendes Lernen im organisierten Arbeitsprozess möglich ist (Wehner et al. 2004; Dick & Wehner 2005). Ebenfalls anerkannt ist die Annahme, dass die implizite Dimension des Wissens dafür eine entscheidende Rolle spielt. Diese Dimension lässt sich nur über Erfahrungsprozesse erwerben und erschließen (Nonaka et al. 2001; Derboven et al. 2002). Das Triadengespräch wurde in Zusammenarbeit mit der Abteilung Wissensmanagement eines internationalen Technologieunternehmens entwickelt, um das erfahrungsbasierte Wissen erfahrener Ingenieure für Novizen zu explizieren und damit für die Organisation nutzbar zu machen.

Fallstudien und Überblicksarbeiten belegen, dass soziale wie kulturelle Aspekte im Wissensmanagement lange vernachlässigt wurden (Schneider 2001; Wilkesmann & Rascher 2002; Schulze 2002; Scholl et al. 2003; Schmidt 2004). Inzwischen werden neue Organisationsformen wie Praxis- oder Wissensgemeinschaften (Wenger & Snyder 2000; North et al. 2004) oder die Hypertext-Organisation (Peters & Dengler 2004) befürwortet. Kooperations- und Kommunikationsbeziehungen werden in ihrem Beitrag zur Produktivität des Wissens untersucht und gestaltet (Waibel & Endres 1999; Bromme et al. 2003; Clases 2004). Dabei werden narrative Verfahren entdeckt (Boland & Yoo 2003; Denning, 2005). Das Verhältnis zwischen elektronisch vermittelter und direkter Wissenskommunikation hat sich zugunsten der letzteren verschoben.

Die Entwicklung von Methoden des Wissensaustauschs steht noch am Anfang (Jankowicz 2001; Pleskina 2002). Sie müssen berücksichtigen, dass Wissen ganzheitlich, dynamisch, sozial konstruiert und kulturell eingebettet ist (Wehner & Dick

2001). Gesprächsbasierte, auf Verständigung ausgelegte Methoden bieten eine Grundlage um erfahrungsbasiertes Wissen zu reflektieren, gemeinschaftlich zu validieren und in organisationales Wissen zu transformieren (Dick 2003).

2. Das Triadengespräch als Methode der dialogischen Wissenstransformation

Mit dem Triadengespräch wurde ein Verfahren entwickelt, das gemeinschaftliches Lernen auf Basis individueller Erzählungen in Organisationen möglich macht (Dick 2006). Es verbindet die methodischen Prinzipien der Narration, der Moderation und der Rolleninstruktion. Das Triadengespräch ist ein räumlich und zeitlich begrenztes Gespräch zu einem vorher vereinbarten Thema, an dem drei Personen in spezifischen Rollen freiwillig teilnehmen um erfahrungsbasiertes Wissen weiterzugeben. Die Rollen der Teilnehmenden definieren sich über deren Verhältnis zum Thema des Gesprächs. Daraus wiederum ergeben sich die spezifischen Aufgaben der drei Beteiligten. Eine Person ist Experte und Erfahrungsträger für das Thema des Gesprächs, sie fungiert als Erzähler. Eine weitere Person ist Novize, sie hat also einen Anspruch und die Erwartung vom Experten etwas zum Thema und dem geteilten Handlungsfeld zu lernen. Entsprechend fungiert sie als thematischer oder fachlicher Zuhörer. Die dritte Person ist Laie in Bezug auf das Thema, sie ist nicht Teil des gemeinsamen Handlungsfeldes von Experte und Novize. Im Gegensatz zum Novizen hat sie nicht den Anspruch, Wissen aus dem Handlungsfeld zu erwerben. Diese Person fungiert als methodischer Zuhörer und Moderator.

Durch die beiden Zuhörer werden an den Erzähler unterschiedliche Anforderungen gestellt: Während für den fachlichen Zuhörer (Novize) die Relevanz und Nützlichkeit des Erzählten bedeutsam ist, ist für den Laien dessen Verständlichkeit wichtig. Er sorgt dafür, dass das gemeinsame Wissen der beiden übrigen Akteure, das sonst in der Selbstverständlichkeit und Routine verborgen bleibt, hinterfragt werden kann. Er nutzt die mit seiner Außenperspektive auf natürliche Weise verbundene Naivität methodisch dazu, den Erzähler zu detaillierten Erläuterungen seiner Erfahrungen zu bewegen sowie den Novizen zu Fragen zu ermuntern bzw. selbst Fragen an den Experten zu stellen.

3. Die Entwicklung und Evaluation des Triadengesprächs

Das Triadengespräch wurde entlang eines konkreten Anwendungsfalles entwickelt und als Pilotprojekt in einer Entwicklungsabteilung eines internationalen Unternehmens realisiert. Innerhalb von 18 Monaten verdoppelte sich durch die Entwicklung und Umsetzung eines neuen Programms die Mitarbeiterzahl auf ca. 100. Die Abteilung war auf zwei Standorte verteilt. Durch die projektbezogene und arbeitsteilige Organisation innerhalb der Abteilung ist das berufliche Wissen dieser Mitarbeiter oft monopolisiert. Ziel des Projektes war, einen Transfer von Erfahrungen und organisationsbezogenem Wissen von erfahrenen Kollegen auf eine große Anzahl von neu eingestellten Mitarbeitern zu ermöglichen, um diesen die Einarbeitung zu erleichtern.

Insgesamt wurden in einem Zeitraum von 12 Monaten das Verfahren eingeführt, 48 Triadengespräche initiiert, durchgeführt, protokolliert und ausgewertet sowie episodisch strukturierte Lerngeschichten (Lessons Learned) daraus generiert, die abteilungsweit einsehbar waren (Dick et al. 2004). Etwa ein Jahr nach Abschluss dieser Pilotstudie wurden 32 Mitarbeiter der Abteilung, die an Triadengesprächen als Exper-

ten oder Novizen teilgenommen hatten, zu Ablauf, Inhalt und Bewertung der Triadengespräche befragt. Diese Evaluation sollte ermitteln, wie nützlich der Einsatz von Triadengesprächen für den Transfer personengebundenen Wissens ist, wie hoch die Akzeptanz der Methode bei den Mitarbeitern ist und welche Möglichkeiten es gibt, den Ertrag der Methode zu verbessern. Es wurden Leitfadeninterviews mit offenen und teilweise geschlossenen Antwortformaten durchgeführt (Dick et al. 2006). Es zeigte sich, dass erfahrungsbasiertes Wissen von Experten weitergeben und von den Zuhörern und Novizen auch in hohem Maß angewendet wurde. Die Methode, die den persönlichen, direkten Austausch von erfahrungsbasiertem Wissen unterstützt, erfährt bei den Teilnehmern eine hohe Akzeptanz. Der Nutzen wird vor allem in der Vermittlung von Fach- und Organisationswissen gesehen. Im Vergleich mit anderen, bewährten Wissensmanagementmethoden wird dem Triadengespräch eine gute Eignung zugeschrieben.

Das Triadengespräch hat sich in jenem Unternehmen etabliert und wird nun unternehmensweit eingesetzt. Derzeit wird das Verfahren in weiteren Unternehmen eingesetzt und empirisch begleitet. Hier besteht die Gelegenheit, das Verfahren auch unter anderen Bedingungen zu erproben, und insbesondere dessen Implementierung näher zu beleuchten. Weiterhin ist es aus Forschungssicht nötig, die Mechanismen der Explikation von Erfahrungen und der Verständigung über kontextbezogenes Wissen innerhalb des Gesprächs genauer zu untersuchen sowie den Verfahrensablauf zu beschreiben, zu begründen und dazu ggf. auch experimentell zu variieren.

Bei weiterer Konsolidierung kann das Triadengespräch eine wichtige Methode des organisationalen Lernens darstellen. Es wäre als Teil einer reflexiven Infrastruktur in den Arbeitsprozess implementierbar und könnte so Lernzyklen auslösen, an denen mehrere Personen in ihrer Einbettung in ein sozio-technisches System beteiligt sind.

4. Literatur

1. Boland, R. J. & Yoo, Y. 2003, Sensemaking and Knowledge Management. In: C. W. Holsapple (Ed.), Handbook on Knowledge Management. Volume 1. Berlin: Springer, 381-392.
2. Bromme, R., Jucks, R. & Rambow, R. 2003, Wissenskommunikation über Fächergrenzen: Ein Trainingsprogramm, Wirtschaftspsychologie, Sonderheft Wissensmanagement, 5, 94-102.
3. Clases, C. 2004, Die Methodik des Repertory Grid zur Wissenskommunikation. In: G. Reinmann & H. Mandl (Hrsg.), Psychologie des Wissensmanagements. Perspektiven, Theorien und Methoden. Göttingen: Hogrefe, 310-318.
4. Denning, S. 2005, The Leaders's Guide to Storytelling: Mastering the Art and Discipline of Business Narrative. San Francisco, CA: Jossey-Bass.
5. Derboven, W., Dick, M. & Wehner, T. 2002, Die Transformation von Erfahrung und Wissen in Zirkeln. In: M. Fischer & F. Rauner (Hrsg.), Lernfeld: Arbeitsprozess. Baden-Baden: Nomos, 369-391.
6. Derboven, W., Dick, M. & Wehner, T. 2003, Zirkel als Räume zur Schaffung, Aneignung und Diffusion von Wissen, Wirtschaftspsychologie, Sonderheft Wissensmanagement, 5, 72-78.
7. Dick, M. 2003, Reflexionsmappen, Tutorien, Know-how-Landkarten: Methoden zur Explizierung von Wissen, Wirtschaftspsychologie, Sonderheft Wissensmanagement, 5, 139-141.
8. Dick, M. 2005, Organisationales Lernen. In: F. Rauner (Hrsg.), Handbuch Berufsbildungsforschung. Bielefeld: Bertelsmann, 299-307.
9. Dick, M. 2006, Triadengespräche als Methode der Wissenstransformation in Organisationen. In: V. Luif, G. Thoma & B. Boothe (Hrsg.), Beschreiben - Erschliessen - Erläutern. Psychotherapieforschung als qualitative Wissenschaft. Lengerich: Pabst Verlag, 141-166.
10. Dick, M., Fuschini, R. & Ulrich, D. 2004, Erhebung von Lessons Learned durch Erfahrungsgespräche in Triaden. Implementierung und Durchführung in der Abteilung [...]der [...]. Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, unveröffentlichter Forschungsbericht. Magdeburg: Otto-von-Guericke-Universität.
11. Dick, M., Nebauer, K. & Schrader, K. 2006, Triadengespräche als Methode des Wissens- und Er-

- fahrungstransfers: Die Evaluation einer Pilotanwendung. Empirische Arbeitsforschung. Empirische Beiträge aus der Psychologie, Soziologie und Pädagogik der Arbeit, Nr. 01, <http://www.empirische-arbeitsforschung.de>.
12. Dick, M. & Wehner, T. 2005, Wissensmanagement. In: F. Rauner (Hrsg.), Handbuch Berufsbildungsforschung. Bielefeld: Bertelsmann, 454-462.
 13. Dierkes, M., Berthoin-Antal, A., Child, J. & Nonaka, I. (Eds.) 2001, Handbook of Organizational Learning and Knowledge. New York: Oxford University Press.
 14. Easterby-Smith, M. (Ed.) 2003, The Blackwell handbook of organizational learning and knowledge management. Malden, MA: Blackwell.
 15. Hanft, A. 1996, Organisationales Lernen und Macht. Über den Zusammenhang von Wissen, Lernen, Macht und Struktur. In: G. Schreyögg & P. Conrad (Hrsg.), Managementforschung 6. Berlin: de Gruyter, 133-162.
 16. Jankowicz, D. 2001, Why does subjectivity make us nervous? Making the tacit explicit, Journal of Intellectual Capital, 2, 31-73.
 17. Kluge, A. 2003, Neun (Beratungs-)Konzepte zum organisationalen Lernen. In: K. Hamborg & H. Holling (Hrsg.), Innovative Personal- und Organisationsentwicklung (S.). Göttingen: Hogrefe, 381-400.
 18. Nonaka, I., Toyama, R. & Byosièrè, P. 2001, A Theory of Organizational Knowledge Creation: Understanding the Dynamic Process of Creating Knowledge. In: M. Dierkes, A. Berthoin-Antal, J. Child & I. Nonaka (Eds.), Handbook of Organizational Learning and Knowledge. New York: Oxford University Press, 491-517.
 19. North, K., Franz, M. & Lembke, G. 2004, Wissenserzeugung und -austausch in Wissensgemeinschaften Communities of Practice, QUEM-Report, Heft 85.
 20. Pawlowsky, P. 1998, Integratives Wissensmanagement. In: P. Pawlowsky (Hrsg.), Wissensmanagement. Erfahrungen und Perspektiven. Wiesbaden: Gabler, 9-45.
 21. Peters, S. & Dengler, S. 2004, Wissenspromotion in der Hypertext-Organisation. In: H. G. Schnauffer, B. Stieler-Lorenz & S. Peters (Hrsg.), Wissen vernetzen. Wissensmanagement in der Produktentwicklung. Berlin: Springer, 72-92.
 22. Pleskina, S. 2002, Explikation von Wissen. Mehrung von Erfahrungswissen im Unternehmen. Unterföhring: Emporias.
 23. Roehl, H. 2000, Instrumente der Wissensorganisation. Perspektiven für eine differenzierende Interventionspraxis. Wiesbaden: Gabler, Deutscher Universitätsverlag.
 24. Schmidt, K. 2004, Der Mensch im Hintergrund? T-Com und Optimierung kundenrelevanter Prozesse durch Wissensmanagement, eingereichte Dissertation. Magdeburg: Universität Magdeburg, Fakultät für Geistes-, Sozial- und Erziehungswissenschaften.
 25. Schneider, U. 2001, Die 7 Todsünden im Wissensmanagement - Kardinaltugenden für die Wissensökonomie. Frankfurt: Frankfurter Allgemeine Zeitung Verlag.
 26. Scholl, W., König, C. & Meyer, B. 2003, Die Zukunft des Wissensmanagements: Der Faktor Mensch? Ausgewählte Ergebnisse der Delphi-Studie: 'The Future of Knowledge Management', Wirtschaftspsychologie, Sonderheft Wissensmanagement, 5, 7-13.
 27. Schulze, A. 2002, Unternehmenskulturelle Voraussetzungen zur Wissensteilung / Corporate Cultural Prerequisites for Knowledge Sharing. Benchmarking-Studie / Benchmarking Study, im Auftrag der Drägerwerk AG. St. Gallen: Universität St. Gallen, Institut für Technologiemanagement.
 28. Waibel, M. & Endres, E. 1999, Kooperatives Wissensmanagement. Wissenstransfer zwischen sozialen Einrichtungen und Wirtschaftsunternehmen durch wechselseitige Hospitationen, Harburger Beiträge zur Psychologie und Soziologie der Arbeit Nr. 17.
 29. Wehner, T. & Dick, M. 2001, Die Umbewertung des Wissens in der betrieblichen Lebenswelt: Positionen der Arbeitspsychologie und betroffener Akteure. In: G. Schreyögg (Hrsg.), Wissen in Unternehmen. Konzepte, Maßnahmen, Methoden. Berlin: Erich Schmidt Verlag, 89-117.
 30. Wehner, T., Dick, M. & Clases, C. 2004, Wissen orientiert Kooperation - Transformationsprozesse im Wissensmanagement. In: G. Reinmann & H. Mandl (Hrsg.), Psychologie des Wissensmanagements. Perspektiven, Theorien und Methoden. Göttingen: Hogrefe, 161-175.
 31. Wenger, E. & Snyder, W. M. 2000, Communities of Practice. The Organizational Frontier, Harvard Business Review, 1.
 32. Wilkesmann, U. & Rascher, I. 2002, Lässt sich Wissen durch Datenbanken managen ? Möglichkeiten und Grenzen von elektronischen Datenbanken, zfo - Zeitschrift Führung + Organisation, 71, 342-351.

Exemplarische Gestaltung als Ansatzpunkt der Beförderung innovationsförderlicher Unternehmenskulturen in kleinen und mittleren Unternehmen

Yvonne PAARMANN, Ernst Andreas HARTMANN und Sonja SCHMICKER

*Institut für Arbeitswissenschaft, Fabrikautomatisierung und Fabrikbetrieb (IAF),
Lehrstuhl für Arbeitswissenschaft und Arbeitsgestaltung,
Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg,
Universitätsplatz 2, D-39106 Magdeburg*

Kurzfassung: Die Unternehmenskultur in kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) unterliegt spezifischen Bedingungen und Voraussetzungen, die es für die Förderung der Innovationsfähigkeit zu berücksichtigen gilt. Eine Zentralabteilung „Kulturpflege“ gibt es meist nicht, deshalb müssen andere Wege gegangen werden. Der vorgestellte Ansatz greift genau diese spezifischen Merkmale und Ausprägungen auf und stellt exemplarische Gestaltungslösungen für KMU in den Mittelpunkt.

Schlüsselwörter: Innovationsförderliche Unternehmenskultur, KMU, exemplarische Gestaltung.

1. Einleitung

Innovationsförderliche Unternehmenskulturen sind nicht nur ein in der Gesellschaft gegenwärtiger und viel diskutierter Teil der Betrachtung von Arbeit und Organisation, sondern der Dreh- und Angelpunkt zur Realisierung jeglicher Innovationen im Unternehmen.

Kleine und mittlere Unternehmen (KMU) können sich weder eine Zentralabteilung „Kulturpflege“ noch große Unternehmenskultur-Kampagnen leisten. Selbst die KMU-spezifischen Besonderheiten, wie z. B. flache Hierarchien, kurze Informations- und Kommunikationswege, hohe Aufgabenkomplexität, starke persönliche Bindungen und ein hoher Grad an informeller Kommunikation können die Notwendigkeit einer kulturellen Weiterentwicklung in Hinblick auf betriebliche Innovationen nicht allein kompensieren.

Der Beitrag gibt einen Einblick in KMU-angemessene Organisationsinterventionen anhand eines konkreten Vorgehensmodells und erste methodische Empfehlungen. Der Lösungsweg ist die exemplarische Gestaltung der Beförderung innovationsförderlicher Unternehmenskulturen durch die Identifizierung des „einen guten Projekts“ im Unternehmen. Dazu werden anhand von zwei Fallbeispielen bereits erfolgreich abgeschlossene, innovationsrelevante Gestaltungslösungen aus der Automobilzulieferindustrie vorgestellt.

Die empirische Basis für das Thema bietet das BMBF-Verbundprojekt ProKul, das sich seit Ende 2004 mit der Entwicklung produktzentrierter, ganzheitlicher Innovationskompetenzen und innovativer Unternehmenskulturen in KMU und KMU-Netzwerken beschäftigt (ProKul ist ein durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung im Rahmen des Programms innovative Arbeitsgestaltung gefördertes Projekt mit dem Projektträger Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrttechnik e.V.

(DLR), koordiniert durch die Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Institut für Arbeitswissenschaft, Fabrikautomatisierung und Fabrikbetrieb (IAF)).

2. Methode der exemplarischen Gestaltung

Üblicherweise werden Gestaltungsmaßnahmen mit Analysen der Ist-Situation begonnen. Das Ergebnis ist ein meist breiter Überblick über Prozesse, Strukturen und Abläufe im Unternehmen.

Übereinstimmend mit dem Ebenen-Modell von Schein (2003) sind nur die Artefakte leicht zu beobachten, allerdings schwer zu entschlüsseln.

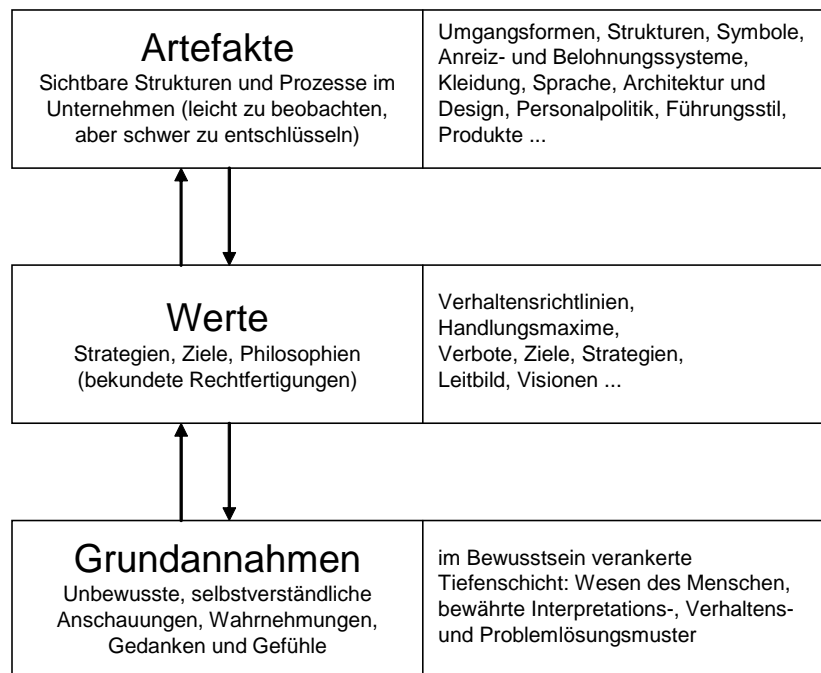


Abbildung 1: Ebenen-Modell in Anlehnung an Schein (2003)

Die Werte – verstanden als Strategien, Ziele und Philosophien – können zwar schriftlich propagiert sein (als Leitbild oder Vision), jedoch sagt dies noch wenig über wirklich gelebte Handlungsmaxime und Verhaltensweisen aus. Die Grundannahmen eines Unternehmens sind unbewusst, über Jahre gewachsene Werte, Einstellungen, Annahmen und Überzeugungen – somit eingefahrene, meist nicht aus eigenem Antrieb hinterfragte Selbstverständlichkeiten. Erst ein Impuls von außen vermag bewährte Interpretations-, Verhaltens- und Problemlösungsmuster aufzubrechen. Das ist der Beginn für eine exemplarische Gestaltung. Zur Erfassung innovationsförderlicher Unternehmenskulturen wird eine als Interviewleitfaden entwickelte Status-Quo-Analyse angeboten, die abgeleitet aus dem soziotechnischen Systemansatz, über 12 KMU-relevante Einflussfaktoren (z. B. objektive Arbeitsbedingungen, Offenheit & Kommunikation, Umgang mit Ideen & Veränderungen) ein breites Screening über Prozesse, Strukturen und Abläufe im Unternehmen ermöglicht.

Mittels geeigneter Werkzeuge, z. B. durch Prozessanalyse des Auftragsdurchlaufs wird versucht, die Ergebnisse dieses Screenings zu konkretisieren. Ein Hinterfragen der Abläufe und Strukturen soll die Hintergründe auf Ebene der Verhaltensrichtlinien ins Bewusstsein rücken. Im Mittelpunkt steht die Problem- und Potenzialerkennung zur kulturellen Weiterentwicklung durch Bildung von Prinzipien als Metafragen entlang zumindest eines innovationsrelevanten Projekts im Unternehmen. Die Identifizierung des „einen gu-

ten Projekts“ im Unternehmen ist die Herausforderung in der exemplarischen Gestaltung. Diesbezüglich wird ein Vorgehensmodell angeboten, welches ein konkretes Ablaufschema mittels Phasen bereit stellt:

PHASEN EXEMPLARISCHE GESTALTUNG		INSTRUMENTE UND METHODEN (AUSWAHL)	ERGEBNISSE AUS DEN PHASEN
1	SCREENING	Status-Quo-Analyse zur Erfassung innovationsförderlicher Unternehmenskulturen	Breites Screening über 12 KMU-relevante Einflussfaktoren
2	KONKRETISIERUNG	Werkzeuge zur Prozessanalyse	Prozesstransparenz
3	BILDUNG VON PRINZIPIEN	Metafragen für ein innovationsrelevantes Projekt	Identifizierung spezifischer unternehmenskultureller Prinzipien als Werte
4	DAS „GUTE PROJEKT“	Nutzenbewertung und Problemlösungsstrategien	Gestaltungsschwerpunkt und konkrete Maßnahmeplanung
5	REFLEXION	Ergebnisbewertung	Optimierungserfolg und weiterer Interventionsbedarf
6	METHODISCHE EMPFEHLUNGEN	Handungsleitfaden und Gestaltungsgrundsätze	Exemplarische Gestaltungslösungen für KMU

Abbildung 2: Vorgehensmodell einer exemplarischen Gestaltung (eigene Darstellung)

Die exemplarische Gestaltung ist das Identifizieren eines konkreten, unternehmensspezifischen Ansatzpunkts in Form eines betrieblichen Projekts, das zwei Bedingungen erfüllen muss:

Das Projekt muss für das Unternehmen Innovationsrelevanz besitzen und aus aktuellem Problemdruck einen unmittelbaren Nutzen hervorbringen.

Der Gehalt an entscheidenden, exemplarischen Entwicklungs Herausforderungen für die Unternehmenskultur muss vorhanden sein. Dabei müssen sich die identifizierten unternehmenskulturellen Potenziale und Defizite prototypisch abbilden lassen.

Das „eine gute Projekt“ muss den Anspruch erfüllen, die Kultur des Unternehmens innovationsförderlicher zu gestalten. Es gilt unter limitierten Ressourcen an diesem Ansatz zu verdeutlichen, was die Unternehmenskultur-Problematik für Problemlösungsrelevanz besitzt.

Die Phase der Reflexion dient der feedbackorientierten (nach Bohm 1998) Ergebnisbewertung unter der Hauptfragestellung: „Sind die Arbeitsprozesse verbessert worden?“ oder „Ist es möglich bzw. nötig zu generalisieren, z. B. zur Impulsverstärkung?“

Insgesamt ist ein ganzheitlicher Innovationsansatz als Einheit von Produkt-, Prozess- und Sozialinnovation (der einmündet in Strategie- und Marktinnovationen), zu verfolgen, um eine hohe Nachhaltigkeit zu erreichen. KMU-spezifisch fällt auf, dass aufgrund der branchenbezogenen Besonderheiten (z. B. zwischen Sondermaschinenbau, Systemlieferant, Engineering-Dienstleister) und der begrenzten materiellen und personellen Ressourcen eine stärkere bedarfsorientierte Gewichtung zwischen den drei Basisinnovationspfaden vorzunehmen ist. Aufgrund dieser begrenzten Ressourcen werden Gestaltungsmaßnahmen nur akzeptiert, die einen hohen Nutzen auf der Individual-, Organisations- und Netzwerkebene im Sinne kurzfristiger Umsetzungen erwarten lassen.

3. Ergebnisse

3.1 Fallbeispiel 1

In einem mittleren Maschinenbauunternehmen ergab das Screening mittels Status-Quo-Analyse über leitfadengestützte Interviews Optimierungsbedarfe in den Arbeitsab-

läufen, der Arbeitsorganisation generell sowie der innerbetrieblichen Kommunikation, insbesondere den Informationsabläufen. Durch die Prozessanalyse des Auftragsdurchlaufs anhand eines typischen Projektes des Unternehmens wurden die anfänglich identifizierten Optimierungsbedarfe konkretisiert. Die entscheidende Intervention dabei ist die Entwicklung einer neuen Teamstruktur für Produktentwicklungen, umgesetzt am Beispiel der Reibschweißmaschine.

Damit konnten Ergebnisse im Hinblick auf die Optimierung der Kommunikations- und Informationsflüsse an den Schnittstellen sowie die Einführung handhabbarer Methoden und Instrumente der Projektabwicklung entlang der Produktentwicklung erzielt werden.

3.2 Fallbeispiel 2

Die Nachfrage an zielorientierten Anreizsystemen zur Steigerung der Mitarbeitermotivation und Verbesserung der Innovationsförderung in Unternehmen wächst. Die Kultur von Unternehmen hat dabei viele Ausprägungen und unterliegt vielfältigen Einflussfaktoren. In Erweiterung des allgemeinen Kulturbegriffs um eine innovationsförderliche Unternehmenskultur zu erreichen, können Anreizsysteme mit Hilfe eines kulturunterstützenden Instruments so gestaltet werden, dass sie innovationsorientiertes Verhalten identifizieren, honorieren und optimieren.

Eine Form des materiellen Anreizes ist die Einführung von Prämien auf Basis möglichst objektiver und beeinflussbarer Bewertungskriterien. Hierbei handelt es sich um ein Anreiz- und Belohnungssystem, das den Bedarfen und Bedürfnissen des Unternehmens angepasst und somit Ausdruck seiner Kultur ist.

Das dafür konzipierte Instrument „Innobonus“ zur kulturunterstützenden Entwicklung von Anreiz- und Belohnungssystemen orientiert sich an den Unternehmenszielen im Kontext der Unternehmenskultur und gibt Impulse für die Leistungsorientierung. Ein auf Basis eines umfassenden Kriterienkatalogs eigens dafür entwickelter Beurteilungsbogen ermöglicht die transparente und nachvollziehbare Einschätzung aller Mitarbeiter. Der Bewertungsprozess erfordert und unterstützt eine Unternehmenskultur, die auf Transparenz, Akzeptanz und Gerechtigkeit aufbaut.

Im Ergebnis der vorgenommenen exemplarischen Gestaltung wird in Abhängigkeit der jeweils vorliegenden Arbeitsorganisation eine Kombination aus Individual- und Teamprämierung als anzustrebendes Optimum umgesetzt, die Vorteile beider Anreizmodelle auf sich vereint.

4. Literatur

1. Bohm, D. 1998, Der Dialog. Das offene Gespräch am Ende der Diskussion. Stuttgart: Klett – Cotta.
2. Schein, E.H. 2003, Organisationskultur. Bergisch Gladbach: Wedition Humanistische Psychologie.
3. Schmicker, S. & Paarmann, Y. 2007, Die Status-Quo-Analyse (SQA) als Grundlage zur Entwicklung innovationsförderlicher Unternehmens- und Netzwerkkulturen. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg.), Kompetenzentwicklung in realen und virtuellen Arbeitssystemen. Dortmund: GfA-Press. 343 – 347.
4. Senge, P. M. 1999, Die fünfte Disziplin. Stuttgart: Klett-Cotta.

Arbeitszeitflexibilität – eine Untersuchung über Bedarf und Realisation in der deutschen Automobilzulieferindustrie

Norbert BASZENSKI

*Institut für angewandte Arbeitswissenschaft e.V. (IfaA),
Marienburger Str. 7, D-50968 Köln*

Kurzfassung: Es wird häufig diskutiert, dass speziell die Arbeitszeitbestimmungen in Deutschland zu unflexibel und dem Bedarf nicht angemessen seien. Um konkretere Angaben darüber zu erhalten wurde in der Zeit März bis Juli 2007 eine Erhebung unter rund 50 Unternehmen der Branche durchgeführt. In dem zugrunde liegenden Fragebogen wurden insgesamt 20 Items erhoben und anschließend ausgewertet. In der Auswertung dieser Auftragsstudie konnte dem Auftraggeber aufgezeigt werden, in welchem Umfang sich seine Unternehmen im Hinblick auf den Flexibilitätsbedarf von anderen Unternehmen der Branche unterscheiden. Dazu wurden drei verschiedene Flexibilitätstypen gebildet. Darüber hinaus wurde der Umfang der vorhandenen Flexibilität mit den Wettbewerbern verglichen. Auch hier zeigten sich Unterschiede, die Hinweise auf Optimierungen geben.

Schlüsselwörter: Arbeitszeit, Flexibilität, Automobilzulieferindustrie.

1. Einleitung

In der Diskussion über die Rahmenbedingungen einer Produktion in Deutschland wird oft vorgetragen, dass die gesetzlichen Bestimmungen zu restriktiv seien und den betrieblichen Belangen nicht ausreichend Rechnung tragen würden. Vor diesem Hintergrund und auf Grund eines Auftrags eines international tätigen Automobilzulieferer-Konzerns wurde im Mai 2007 in einer ersten Runde und im Juli 2007 in einer ergänzenden 2. Runde bei den deutschen produzierenden Unternehmen des Konzerns und weiteren Dritt-Unternehmen mittels eines Fragebogens, der in elektronischer Form versandt wurde, eine Erhebung über die benötigte Flexibilität bei der Arbeitszeit und die tatsächlich vorhandene Flexibilität durchgeführt.

2. Der Erhebungsbogen

Die Erfassung der benötigten Flexibilität orientierte sich an Sager (2005). Darin wurden als Einflussgrößen der Gestaltung von Arbeitszeitsystemen u.a. Art und Umfang der Schwankungen des Arbeitszeitbedarfs, Kapitalbindung der Betriebsmittel sowie Technik und Prozess benannt. Im Fragebogen wurden zu jeder der insgesamt vier Einflussgrößen drei Auswahlmöglichkeiten für die Antworten vorgegeben. Um zu erfassen wie groß die vorhandene Arbeitszeit-Flexibilität ist, wurden insgesamt 16 Aussagen zu den Bereichen

- wöchentliche Arbeitszeit,
- Verteilung der wöchentlichen Arbeitszeit,
- tägliche Arbeitszeit und
- Lage der täglichen Arbeitszeit

abgefragt. Dabei waren bis auf zwei Ausnahmen (wöchentliche und tägliche Mindest-Arbeitszeit) die Aussagen so formuliert, dass eine zustimmende Antwort positiv im Sinne einer höheren Flexibilität zu werten war. Diese Gruppen wurden – soweit bekannt – erstmals von Hegner et al. (1987) als „Werkzeuge der Arbeitszeitgestaltung“ eingeführt. Die erste Gruppe der Fragen bezieht sich auf das Volumen der im Betrieb zur Verfügung stehenden Arbeitszeit. Die zweite Gruppe der Fragen erfaßt die Verteilung dieses Arbeitszeitvolumens auf die verschiedenen Arbeitswochen und die Berücksichtigung von Beschäftigteninteressen. Eine weitere Gruppe bilden Fragen zur Länge der täglichen Arbeitszeit. Die letzte Gruppe bilden Fragen zur Nutzung der einzelnen Wochentage als Arbeitstage.

3. Die Teilnehmer der Befragung

Es wurden sowohl Unternehmen des Auftraggebers als auch zum Vergleich Dritt-Unternehmen befragt. Auf Seiten des Auftraggebers nahmen insgesamt 29 Unternehmen teil. Die Antworten wurden von den Personalabteilungen der Unternehmen gegeben. Die Dritt-Unternehmen wurden vom Auftraggeber benannt und sind zum einen Automobil-Endhersteller, zum anderen Automobilzulieferer. Die Kontaktaufnahme erfolgte über das IfaA, wobei der Auftraggeber gegenüber den Dritt-Unternehmen nicht genannt wurde. Es wurde diesen Unternehmen als Reiz für eine Teilnahme die Übermittlung der Ergebnisse der Erhebung angeboten. Von den ursprünglich benannten 25 Unternehmen konnten nicht alle für eine Mitwirkung gewonnen werden, so dass in einer zweiten Runde weitere Unternehmen von Seiten des IfaA angesprochen wurden. Letztlich lagen Antworten aus 47 Unternehmen zur Auswertung vor.

4. Die Ergebnisse

Im Hinblick auf die benötigte Flexibilität zeigte sich bei der Frage der Vorhersehbarkeit der Schwankungen der Auftragslage, dass die Auftraggeber-Unternehmen im Durchschnitt diese ungünstiger einschätzen als die Dritt-Unternehmen (vgl. Abbildung 1). Während der Anteil bei den Dritt-Unternehmen, die angaben, dass die Schwankungen nur kurzfristig, d.h. mit weniger als vier Wochen Vorlauf, vorhersehbar sind, bei einem Drittel liegt, liegt der Anteil der Auftraggeber-Unternehmen mit knapp 50 % deutlich höher.

Betrachtet man den Umfang der benötigten Schwankungen der Produktionskapazität sind kaum Unterschiede zwischen Auftraggeber- und Dritt-Unternehmen feststellbar. In beiden Gruppen haben jeweils knapp $\frac{3}{4}$ der Teilnehmer angegeben, dass die Schwankungen durchschnittlich bis zu ± 20 % der Durchschnittskapazität betragen.

Mit der Frage nach der Kapitalbindung durch die Betriebsmittel sollte erfasst werden, wie groß der Druck einer hohen Anlagenausnutzung ist oder wie weit die Schwankungen der Nachfrage auch in eine Schwankung der Anlagenausnutzung umgesetzt werden kann. Die Antworten zeigen, dass die Auftraggeber-Unternehmen zu knapp $\frac{2}{3}$ eine mittlere Kapitalbindung angegeben haben, die Dritt-Unternehmen jedoch zu gut der Hälfte eine hohe Kapitalbindung. Der Unterschied kann in der unterschiedlichen Zusammensetzung der Unternehmensgruppen liegen. Während bei Auftraggeber ausschließlich Teileproduzenten vertreten sind, sind bei den Dritt-

Unternehmen 5 von 18 Teilnehmern der Kategorie "Automobilhersteller" zuzuordnen. Diese haben im Allgemeinen kapitalintensive Presswerke und Montageanlagen in Betrieb.

Die letzte Frage des ersten Teils bezog sich auf die (technologisch bedingte) Unterbrechbarkeit der Produktionsprozesse. Hier hat knapp die Hälfte der Auftraggeber-Teilnehmer geantwortet, dass die Prozesse nahezu beliebig unterbrechbar sind. (Dieses ist vor allem bei Montageprozessen der Fall.) Der Vergleichswert beträgt nur ein Drittel. Eine bedingte Unterbrechbarkeit wurde bei beiden Gruppen von ca. der Hälfte der Befragten geäußert. Die restlichen 7 % der Auftraggeber-Antworten entfallen auf die Kategorie "nicht unterbrechbar", während der Anteil bei den Dritt-Unternehmen 17 % beträgt. Im Durchschnitt geben die Dritt-Unternehmen also eine weniger gute Unterbrechbarkeit der Produktionsprozesse an.

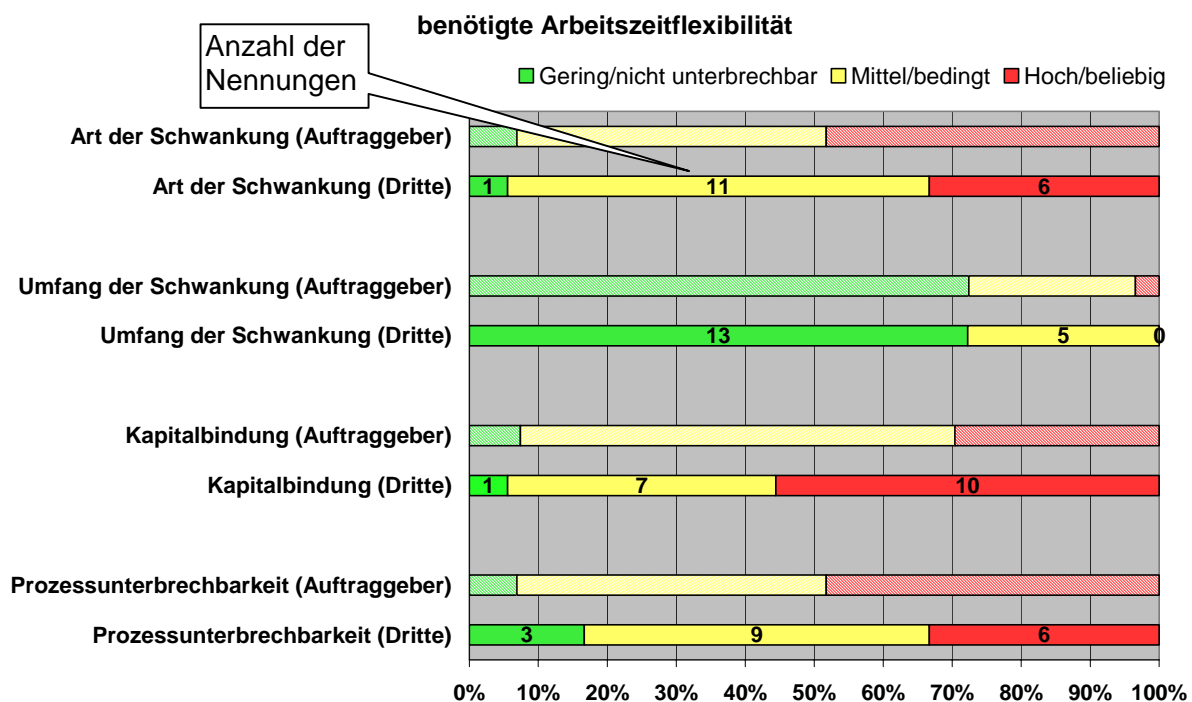


Abbildung 1: Ergebnisse der benötigten Arbeitszeitflexibilität

Betrachtet man nun die Kombinationen der Antworten vor allem auf die beiden ersten Fragen (Cluster-Bildung), wird wiederum deutlich, dass die Auftraggeber-Unternehmen tendenziell einen etwas höheren Flexibilitätsbedarf angegeben haben. Dazu wurden die Unternehmen, die im Hinblick auf die Art der Schwankung die geringste zeitliche Vorhersehbarkeit und im Hinblick auf den Umfang der Schwankung die beiden höchsten Kategorien angegeben haben, zu einer Gruppe als "Flexibilitätstyp 1" zusammengefasst. Bei Auftraggeber gehören rund $\frac{1}{4}$ aller Unternehmen zu diesem Typ, bei den Dritt-Unternehmen jedoch nur $\frac{1}{6}$ dieser Unternehmen. Entsprechend wurden zum "Flexibilitätstyp 2" die Unternehmen zusammengefasst, die bei der Art der Schwankung die höchste und die mittlere Kategorie und bei dem Umfang der Schwankungen die mittlere und die niedrigste Antwort-Auswahl angegeben haben. Als letzter Typ wurden die Unternehmen mit dem geringsten Umfang der Schwankung und der mittleren zeitlichen Vorhersehbarkeit als "Flexibilitätstyp 3" bezeichnet.

Bei der Betrachtung der vorhandenen Flexibilität nutzen die Auftraggeber-

Unternehmen die Möglichkeiten einer mittelfristigen Anpassung des Arbeitszeitvolumens mit 62% seltener als die Dritt-Unternehmen (68%). Eine Anpassung der wöchentlichen Arbeitszeit an den Bedarf (z.B. durch Nutzung der Obergrenze der wöchentlichen Arbeitszeit, An- und Absage von einzelnen Schichten, Gleitzeit) nehmen die Auftraggeber-Unternehmen im Durchschnitt häufiger als die Dritt-Unternehmen vor. Werden jedoch die Unternehmen differenziert nach ihrem Flexibilitätsbedarf betrachtet, gelingt den Dritt-Unternehmen im Allgemeinen eine bessere Anpassung.

Eine Ausnahme bildet die Nutzung von Zeitkonten, welche von den Auftraggeber-Unternehmen durchschnittlich zwar seltener genutzt werden, jedoch wenn sie genutzt werden, besser auf den betrieblichen Bedarf abgestimmt sind.

Die Anpassung der An- und Absagefristen ist bei den Dritt-Unternehmen in der Vergleichsgruppe mit hohem Flexibilitätsbedarf besser an die betrieblichen Bedürfnisse angepasst als beim Auftraggeber.

Eine Untergrenze für die wöchentliche Arbeitszeit, welche grundsätzlich eine Einschränkung der Flexibilität bedeutet, ist (erstaunlicherweise) in sowohl den Auftraggeber- als auch den Dritt-Unternehmen gerade in der Kategorie des Typs 1 (höchster Flexibilitätsbedarf) vereinbart.

Eine Berücksichtigung der Freizeitinteressen der Beschäftigten im Rahmen von Zeitkonten/Gleitzeit findet in 85 % beider Vergleichsgruppen statt.

Die Vereinbarung einer Mindest-Arbeitszeit der Beschäftigten, die eine Einschränkung der Flexibilität bedeutet, ist bei den Auftraggeber-Unternehmen häufiger vorhanden. In der Vergleichsgruppe der Unternehmen mit höchstem Flexibilitätsbedarf sind solche Vereinbarungen beim Auftraggeber allerdings seltener als bei den Dritt-Unternehmen anzutreffen.

Eine Ausdehnung der täglichen Arbeitszeit auf bis zu 10 Stunden wird vom Auftraggeber häufiger genutzt.

Sowohl die Unternehmen des Auftraggebers (17%) als auch die Dritt-Unternehmen (28%) haben in nur sehr wenigen Fällen eine Mindestarbeitszeit eingerichtet, um für die Kunden eine Mindestservicezeit zu garantieren.

Der Samstag als Regelarbeitstag wird bei den Auftraggeber-Unternehmen im selben Umfang wie in der Vergleichsgruppe genutzt. Beim Vergleich der Unternehmen mit dem höchsten Flexibilitätsbedarf wird diese Möglichkeit von Unternehmen des Auftraggebers seltener (85%) als von den Dritt-Unternehmen (100%) genutzt. Das gilt bei Vorliegen der Voraussetzungen auch für den Sonntag.

5. Literatur

1. Bittelmeyer, G., Hegner, F. & Kramer, U. 1987, Bewegliche Zeitgestaltung im Betrieb. Köln: Gesamtmetall.
2. Sager, M. 2005, Entwicklung einer Methodik zur Gestaltung von flexiblen Arbeitszeitsystemen, Wissenschaftliche Schriftenreihe des Instituts für Betriebswissenschaften und Fabriksysteme. Chemnitz: TU Chemnitz-Institut für Betriebswissenschaften und Fabriksysteme.

Auswirkung partizipativer Schichtplangestaltung auf die Einschätzung des Vorgesetztenverhaltens und die Präferenz für Nachtschichtfolgen

Ulrike HELLERT¹, Wolfgang SICHERT-HELLERT¹,
Peter BRÖDE² und Barbara GRIEFAHN²

¹ *Moderne Arbeitszeiten, Heiliger Weg 60, D-44135 Dortmund*

² *Institut für Arbeitsphysiologie an der Universität Dortmund,
Ardeystr. 67, D-44139 Dortmund*

Kurzfassung: Nacht- und Schichtarbeitnehmer sind besonderen Belastungen ausgesetzt, da sich ihre zirkadianen Rhythmen aufgrund der verschiedenen Arbeitszeitlagen verschieben. Die vorliegende Studie beschreibt verschiedene Auswirkungen einer partizipativen Schichtplangestaltung auf arbeitswissenschaftliche Merkmale.

Schlüsselwörter: Schichtplangestaltung, Mitarbeiterbefragung, Chronobiologie, Partizipation.

1. Einleitung

Durch die Forderungen des Marktes nach hoher Flexibilität und optimaler Betriebszeitnutzung kommt der Gestaltung ergonomischer Schichtpläne eine große Bedeutung zu. Beschäftigte, die in vollkontinuierlichen Schichtbetrieben zu unterschiedlichen Tages- und Nachtzeiten arbeiten und schlafen müssen, sind durch die hierbei bedingte Verschiebung ihrer zirkadianen Rhythmik besonderen Belastungen ausgesetzt (Griefahn 2003). Neben der problematischen Vereinbarkeit von Beruf, Familie und Privatleben zeigen sich vor allem gesundheitliche Beeinträchtigungen, die auf einem möglichen Defizit hinsichtlich der Dauer und der Qualität des Schlafes basieren (Hellert 2008).

Für die erfolgreiche Umsetzung eines neuen Schichtplanes wird der Mitarbeiterbeteiligung und der Art der Einführungsstrategie eine die Akzeptanz fördernde Wirkung beigemessen (Knauth & Hornberger 1997).

Die vorliegende Studie hatte zum Ziel, die Auswirkung einer persönlichen Mitarbeiterinformation im Rahmen von Workshops auf die Einschätzung des Vorgesetztenverhaltens (Motivation, Gesprächsführung) und die Präferenz für die Anzahl hintereinander liegender Nachtschichten zu messen sowie gleichzeitig Effekte auf Arbeitsmerkmale durch unterschiedliche Nachtschichtfolgen in einer Mitarbeiterbefragung zu ermitteln.

2. Methode

In acht mittelständischen Unternehmen wurden kontrollierte, schriftliche Mitarbeiterbefragungen durchgeführt. Insgesamt wurden 525 Fragebögen statistisch ausgewertet. In vier Unternehmen mit 236 Teilnehmern erhielten die Befragten jeweils in einem firmeninternen Workshop vor der Befragung persönliche Informationen zur Nacht- und Schichtplangestaltung, in vier anderen Unternehmen mit 289 Teilnehmern erfolgte diese Information nicht. In den Workshops wurden die arbeitswissen-

schaftlichen Empfehlungen ausführlich erläutert (vgl. Tabelle 1).

Tabelle 1: Befragte Teilnehmer (TN) gruppiert nach Workshop und Nachtschichtfolgen

Anzahl Nachtschichten laut Schichtplan	Info-Workshop		TN- Summe
	ohne Info-Workshop TN, (Unternehmen)	mit Info-Workshop TN, (Unternehmen)	
2-4 Nachtschichten	224 (2)	164 (3)	388
5-7 Nachtschichten	65 (2)	72 (1)	137
TN-Summe	289	236	525

Die Mitarbeiter wurden über die relevanten rechtlichen Regelungen nach dem Arbeitszeitgesetz sowie über die arbeitswissenschaftlichen Erkenntnisse einer menschengerechten Gestaltung der Nacht- und Schichtarbeit ausführlich informiert (Anzinger & Koberski 2005). Ferner wurden gesundheitliche und soziale Folgen der Nacht- und Schichtarbeit thematisiert und es wurden die Grundlagen der zirkadianen Rhythmik des Menschen mit den möglichen Auswirkungen eines Schlafdefizits erläutert.

Bei der Auswertung der Fragebögen wurde neben dem Kriterium der Info-Workshops zusätzlich nach der Anzahl der Nachtschichten laut Schichtplan unterschieden. In fünf Unternehmen arbeiteten die Befragten (n=388) 2 - 4 Nächte, in drei Unternehmen (n = 137) 5 – 7 Nächte in Folge (s. Tabelle 1).

In der vorliegenden Auswertung wurde der Einfluss des Info-Workshops und der Nachtschichten laut Schichtplan auf die Befragungsergebnisse der Items Motivation, Gesprächsführung und präferierte Nachtschichtfolgen mittels Chi-Quadrat-Test geprüft. In einer Kovarianzanalyse wurde zusätzlich der Einfluss von Kontrollvariablen (Alter, Geschlecht, Zufriedenheit) auf die Befragungsergebnisse statistisch geprüft.

3. Ergebnisse

Auf die Frage, inwieweit sich die Beschäftigten durch ihren jeweiligen Vorgesetzten motiviert fühlen (Item: Motivation), antworteten die Teilnehmer des Info-Workshops zu 27 % mit „ziemlich stark“ und zu 12 % mit „sehr stark“, während sich lediglich 16 % der Befragten ohne Workshop „ziemlich stark“ und 5 % „sehr stark“ motiviert fühlten (Chi-Quadrat-Test: $p = 0.0049$; Abb. 1).

Die Gesprächsführung des Vorgesetzten und seine Informationen über betriebliche Zielsetzungen (Item: Gesprächsführung) schätzen Teilnehmer des Info-Workshops zu 34 % mit „ziemlich stark“ und zu 20 % mit „sehr stark“ ein, während 25 % der Befragten ohne Workshop die Gesprächsführung „ziemlich stark“ und 6 % „sehr stark“ einschätzten (Chi-Quadrat-Test: $p < 0.0001$; Abb. 1).

Von den Teilnehmern des Info-Workshops präferierten 48 % „zwei Nächte“ in Folge, 13 % „drei Nächte“, 19 % „vier Nächte“ und 19 % „mehr als vier“ Nächte (Item: Nachtschichtfolgen), während Befragte ohne Workshop nur zu 8 % „zwei Nächte“ in

Folge, zu 23 % „drei Nächte“, zu 24 % „vier Nächte“ und zu 39 % „mehr als vier“ Nächte in Folge am besten fanden (Chi-Quadrat-Test: $p < 0.0001$; Abbildung 1).

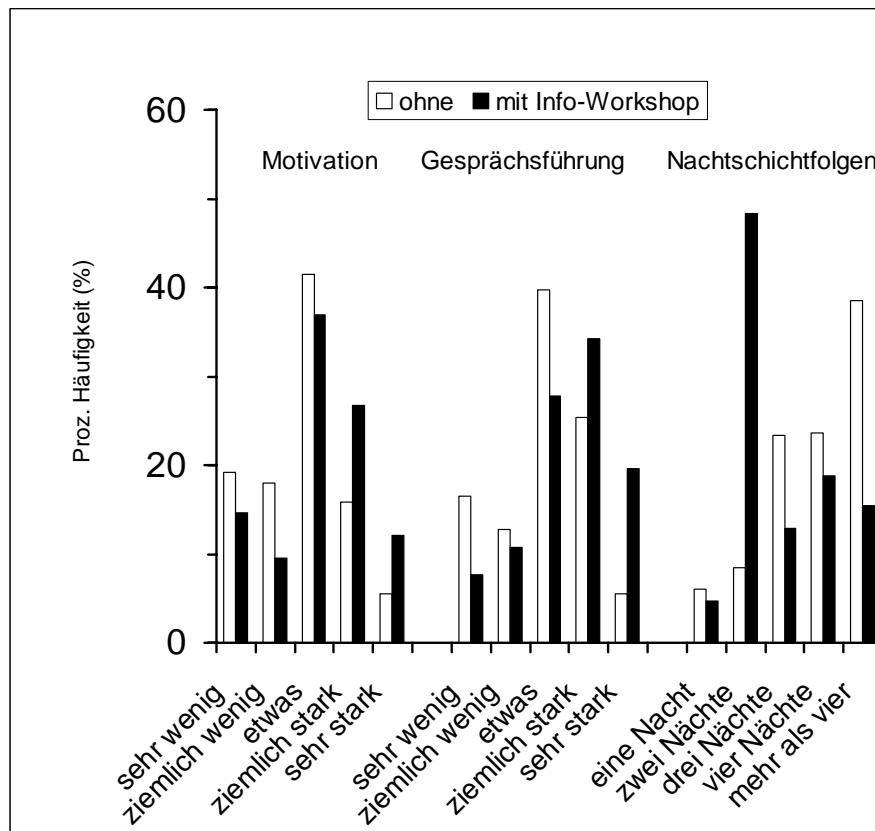


Abbildung 1: Verteilung der Antworthäufigkeiten auf die Items Motivation und Gesprächsführung durch den Vorgesetzten und präferierte Nachtschichtfolgen

Bei den Items „Motivation“ und „Gesprächsführung“ lieferte die Kovarianzanalyse für Alter, Geschlecht oder die Anzahl der Nachtschichten im aktuellen Schichtplan keinen signifikanten Erklärungsbeitrag. Die Befragungsergebnisse waren aber zusätzlich signifikant von der Zufriedenheit abhängig. Bei dem Item „Nachtschichtfolgen“ lieferte keine der genannten Einflussfaktoren einen signifikanten Beitrag.

4. Diskussion

Schichtarbeitnehmer, die persönlich in einem Workshop über die Rahmenbedingungen von Schichtarbeit informiert werden, beurteilen ihre Vorgesetzten positiver hinsichtlich deren Motivationsfähigkeit und Gesprächsführung.

Die Ergebnisse verdeutlichen somit die Bedeutung einer persönlichen und ausführlichen Mitarbeiterbeteiligung im Rahmen von Info-Workshops. Beschäftigte, die sich durch ihre Vorgesetzten gut über die betrieblichen Ziele informiert fühlen, sind besser in der Lage, zielorientiert zu arbeiten, was wiederum zu höherer Motivation führt (Grawe 2004). Kurze Nachtschichtfolgen werden von Mitarbeitern deutlich eher präferiert, wenn die Hintergründe arbeitswissenschaftlicher Empfehlungen differenziert erläutert und diskutiert werden und vor allem durch Schlafdefizit hervorgerufene gesundheitliche Auswirkungen erörtert werden. Die Unterschiede hinsichtlich der Nachtschichtfolgen sind geringer ausgeprägt, was auf die einschlägige Erfahrung der

Befragten im jeweils gewohnten Schichtsystem zurückgeführt werden kann.

5. Fazit

Die Gestaltung einer menschengerechten Nacht- und Schichtarbeit in Unternehmen sollte von den Verantwortlichen besonders beachtet werden. Da für die Umsetzung neuer Schichtpläne häufig mit einer gewissen Zurückhaltung seitens der Beschäftigten zu rechnen ist, kommt der Mitarbeiterorientierung eine ganz besonders große Bedeutung zu. Damit gesundheitliche Belastungen im Schichtbetrieb möglichst gering gehalten werden, sind aktuelle Erkenntnisse und arbeitswissenschaftliche Empfehlungen zur Nacht- und Schichtarbeit mitarbeiterorientiert zu transferieren. Dies fördert das Verständnis wichtiger Erkenntnisse und erhöht vermutlich zusätzlich die Arbeitsmotivation. Es ist daher anzustreben, die Mitarbeiterbeteiligung in die arbeitswissenschaftlichen Empfehlungen zur Nacht- und Schichtplangestaltung explizit aufzunehmen.

6. Literatur

1. Anzinger, R. & Koberski, W. 2005, Kommentar zum Arbeitszeitgesetz. Frankfurt: Verlag Recht und Wirtschaft, 156ff.
2. Grawe, K. 2004, Neuropsychotherapie. Göttingen: Hogrefe, 115.
3. Griefahn, B. 2003, Perspektiven zur Gestaltung von Nachtarbeit durch Licht und Melatonin, Arbeitsmedizin-Sozialmedizin-Umweltmedizin, 38, 617-621.
4. Hellert, U. 2008, Praxis der Nacht- und Schichtplangestaltung. Münster: Lit-Verlag, 23.
5. Knauth, P. & Hornberger, S. 1997, Schichtarbeit und Nachtarbeit. München: Bayerisches Staatsministerium für Arbeit und Sozialordnung, Familie, Frauen und Gesundheit, 74.

e-Shift-Design – Praxishilfe zur anforderungsgerechten und ergonomischen Schichtplanung

Frank LENNINGS¹, Carmen DIEL², Klaus HÖFER² und Thorsten HOLZHÄUSER³

¹ *Institut für angewandte Arbeitswissenschaft e.V.,
Marienburger Straße 7, D-50968 Köln*

² *Rasselstein GmbH, Koblenzer Straße 141, D- 56626 Andernach*

³ *Verband der Metall- und Elektroindustrie Rheinland-Rheinhausen e. V.,
Ferdinand-Sauerbruch-Straße, D-56073 Koblenz*

Kurzfassung: Das excelbasierte Programm e-Shift-Design soll Verantwortlichen und Akteuren in den Unternehmen einen günstigen und praxisgerechten Einstieg in die anforderungsgerechte und ergonomische Gestaltung von Schichtplänen ermöglichen.

Schlüsselwörter: Betriebszeit, Schichtarbeit, Ergonomie.

1. Hintergrund

Der Erhalt von Produktionsarbeitsplätzen in Deutschland erfordert vielfach die Ausweitung und Flexibilisierung der Betriebszeiten kapitalintensiver Fertigungseinrichtungen. Dabei sollte der vom Unternehmen benötigte Betriebszeitbedarf mit ergonomischen Schichtplänen abgedeckt werden. Die Gestaltung unternehmens- und mitarbeitergerechter Schichtpläne hat einen starken Einfluss auf die kurz- und langfristige Wettbewerbsfähigkeit und Beständigkeit von Unternehmen.

Neben den gesetzlichen und arbeitsvertraglichen Vorgaben sind bei der Gestaltung auch arbeitswissenschaftliche Empfehlungen zu berücksichtigen. Diese Empfehlungen sind zwar seit langem bekannt (z. B. Beermann 2005; Knauth & Hornberger 1997; Wedderburn et al. 1991), aber nach wie vor - v. a. von den Mitarbeitern - vielfach nicht akzeptiert. Die umfassende Berücksichtigung all dieser Faktoren stellt in der alltäglichen Praxis hohe Anforderungen an die Planungsverantwortlichen und -beteiligten.

Schichtfolgen, die den Vorgaben entsprechen, können rechnergestützt entwickelt sowie hinsichtlich Gesetzeskonformität und Ergonomie bewertet werden (z. B. Gärtner 2007; Nachreiner et al. 2006; Schweflinghaus 2006). Beschaffung und kompetente Anwendung entsprechender Software können jedoch erheblichen Aufwand erfordern, der nicht immer leistbar ist.

2. Das Programm „e-Shift-Design“

Derzeit entwickeln der Verband der Metall- und Elektroindustrie Rheinland-Rheinhausen e. V., die Rasselstein GmbH und das Institut für angewandte Arbeitswissenschaft e. V. ein preisgünstiges und auf betrieblicher Ebene einfach anwendbares Werkzeug zur Schichtplanung. Das excelbasierte Programm "e-Shift-Design" bietet wirkungsvolle Unterstützung bei den Arbeitsschritten

- Betriebszeit- und Besetzungsbedarf festlegen,
- Netto- und Bruttopersonalbedarf ermitteln,
- geeignete Gruppenstrukturen ermitteln,

- ergonomische Schichtfolgen ermitteln,
 - Pläne bewerten und auswählen sowie
 - individuelle Pläne für gewünschte Zeiträume drucken.
- Die Hauptmenüpunkte des Programms sind Abbildung 1 zu entnehmen.

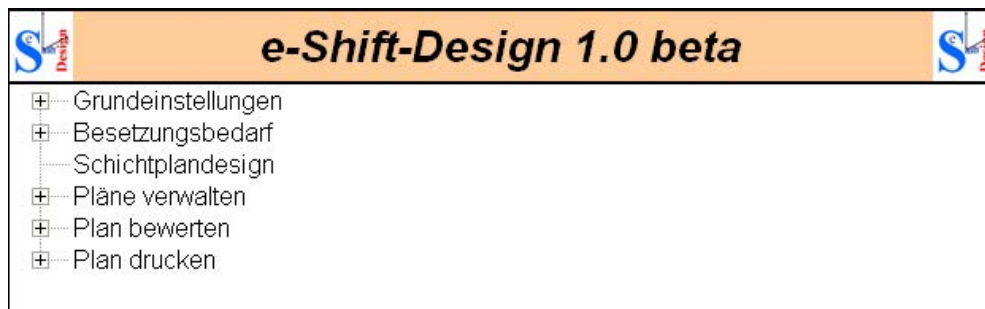


Abbildung 1: Menüstruktur des Programms e-Shift-Design

Ziel des Programms ist, insbesondere Einsteigern einen einfachen Zugang sowie eine schnelle und selbständige Einarbeitung in die Materie anzubieten. Der Leistungsumfang orientiert sich dabei vorwiegend an den Bedürfnissen und Randbedingungen der Produktion bzw. der Metall- und Elektroindustrie.

Eine der Kernfunktionen ist, für erforderliche Besetzungstärken mögliche Gruppenstrukturen mit den jeweils resultierenden Mitarbeiterzahlen und Wochenarbeitszeiten zu bestimmen, Abbildung 2.

Nettosollbelegung

Bitte geben Sie nachfolgend für die einzelnen definierten Schichtarten die tageweise vorgesehene Sollbelegung ein!

Schichtarten	Montag	Dienstag	Mittwoch	Donnerstag	Freitag	Samstag	Sonntag
Frühschicht	4	4	4	4	4	4	
Spätschicht	4	4	4	4	4	4	
Nachtschicht	4	4	4	4	4		4

↓

Gruppenstruktur

Anzahl Gruppen	Anzahl MA pro Gr.	Anzahl MA	Wochenarbeitszeit	Abweichung Soll/Ist	Min. Laufzeit [Wq]
16	1	16	33,75	1,25	16
15	1	15	36	1,00	15
14	1	14	38,57	3,57	14
8	2	16	33,75	1,25	8
7	2	14	38,57	3,57	7
6	2	12	45	10,00	6
4	4	16	33,75	1,25	4
3	4	12	45	10,00	3

Abbildung 2: Besetzungstärke und mögliche Planstrukturen

Nach der Wahl einer passenden Gruppenstruktur sind für diese geeignete ergonomische Schichtfolgen zu ermitteln, z. B. FFSSNN. Hierzu verfügen die meisten Programme über Algorithmen. Diese sind allerdings programmtechnisch aufwändig und ihre sinnvolle Anwendung erfordert Erfahrungswissen.

Anstelle von Algorithmen greift e-Shift-Design auf einen Fundus bewährter Schichtpläne zurück, aus denen für die jeweilige Gruppenstruktur passende Pläne als Vorlagen gewählt werden können. Diese lassen sich bei Bedarf von Hand unternehmens- und mitarbeiterspezifisch anpassen. Modifizierte oder neu entwickelte Schichtpläne können als neue Vorlagen in den Fundus übernommen werden, der sich auf diese Weise unternehmensspezifisch weiter entwickelt.

Schichtplandesign

Festlegung der Schichtfolgen

Woche	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So
1	F	F	S	S	N		
2			F	F	S	S	N
3	N	N			F	F	
4	S	S	N	N			

Differenz Soll zu eingetragenen Schichten

Schicht	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So
F	0	0	0	0	0	0	0
S	0	0	0	0	0	0	0
N	0	0	0	0	0	0	0

Musterplan suchen

Wochenübersicht zeigen

Schichtrhythmus bewerten

Musterpläne exportieren

geplante Wochenarbeitszeit: 33,75

Laufzeit in Wochen: 4

Anzahl Schichtgruppen / Teilgruppen: 1 / ?

Definierte Schichtarten

Frühschicht	F
Spätschicht	S
Nachtschicht	N

Hilfe

Schichtplan übernehmen

Schließen

Abbildung 3: Vorgeschlagene und gewählte Schichtfolgen

So kann die betriebliche Plangestaltung insgesamt wirkungsvoll unterstützt, die Planungskompetenz schrittweise gefördert und die Akzeptanz gegenüber ergonomischen Planungsergebnissen erhöht werden. In diesem Sinne besteht auch die Möglichkeit, individuelle Jahrespläne im Taschenformat drucken zu können.

Schichtpläne, die arbeitswissenschaftlichen Empfehlungen entsprechen, werden von vielen Mitarbeitern nach wie vor häufig abgelehnt. Neben der Frage was empfehlenswert ist, sollte die arbeitswissenschaftliche Arbeit und Forschung deshalb auch Ablehnungsursachen und überzeugende Überwindungsstrategien dazu berücksichtigen.

3. Ausblick

Als nächste Schritte sind umfangreiche interne und betriebliche Testanwendungen sowie die Weiterentwicklung einer Bewertung der Pläne nach arbeitswissenschaftlichen Kriterien vorgesehen. Im Rahmen der bestehenden Empfehlungen sollen Eigenschaften des jeweiligen Schichtplanes hinsichtlich gängiger Kriterien ausgewiesen werden und Wunschkriterien wählbar sein. Bspw. nicht mehr als X Arbeitstage am Stück oder nicht mehr als Y Nachtschichten am Stück. Planalternativen sollen hinsichtlich dieser Vorgaben geprüft und Abweichungen ausgewiesen werden.

4. Literatur

1. Beermann, B. 2005, Leitfaden zur Einführung und Gestaltung von Nacht- und Schichtarbeit, 9. unveränderte Auflage. Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitssicherheit, 12 – 18.
2. Gärtner, J. 2007, Flexible Werkzeuge für die Arbeitszeitgestaltung: Time-Intelligence Solutions [TIS] und Shiftplan-Assistent [SPA], Tagungsband zu: Erfolgsfaktor Arbeitszeit im Krankenhaus, 16.4.2007. Karlsruhe: Universität Karlsruhe, Institut für Arbeitswissenschaft und Betriebsorganisation, 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, 58 – 62.
4. Nachreiner, F., Schomann, C. & Stapel, W. 2006, Softwaregestützte Arbeitszeitgestaltung mit BASS 4. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag N.W. Verlag für neue Wissenschaft.
5. Schweflinghaus, W. 2006, Besser leben mit Schichtarbeit, 7. überarbeitete Auflage. Essen:
6. BKK Bundesverband, 53.
7. Wedderburn, A.A.I. 1991, Leitlinien für Schichtarbeiter. Dublin: Europäische Stiftung zur Verbesserung der Lebens- und Arbeitsbedingungen, 12 – 16.

Entwicklung einer Gefährdungsbeurteilung im Hinblick auf die Arbeitszeit

Kerstin HÄNECKE und Hiltraud GRZECH-ŠUKALO

AWiS-consult, Erlenweg 6, D-27798 Hude/ Oldenburg

Kurzfassung: Es wird ein praxisorientiertes Instrument zur Gefährdungsbeurteilung zum Thema Arbeitszeit vorgestellt, welches den Krankenhäusern ermöglichen soll, eine Einschätzung vorzunehmen, inwieweit z.B. eine Ausweitung von Dienstzeiten auf 24 Stunden ohne eine gesundheitliche Gefährdung der Ärzte möglich ist und welche Maßnahmen ergriffen werden müssen, um eine Gesundheitsgefährdung zu minimieren. Es besteht zum einen aus einer Checkliste zu Aspekten der Dienstzeiten und der Dienstplangestaltung sowie zum anderen aus Hinweisen, Empfehlungen und Maßnahmen, die im Falle einer Nichterfüllung der Kriterien beachten werden sollten bzw. durchgeführt werden müssen.

Schlüsselwörter: Belastungsanalyse, Dienstplangestaltung, Tätigkeitsanalysen, Bereitschaftsdienste.

1. Einleitung

In den neuen Tarifverträgen, die in der letzten Zeit geschlossen wurden und sich auf die Vorgaben des Arbeitszeitgesetzes beziehen, wird die Gestaltung von Arbeitszeiten der Ärzte in Krankenhäusern vor allem in Hinblick auf die Länge der Bereitschaftsdienste differenziert betrachtet. Zum einen können abhängig von der Auslastungsstufe unterschiedlich lange Bereitschaftsdienste eingerichtet werden, zum anderen sind auch 24 Stunden-Dienste möglich; diese jedoch unter der Voraussetzung einer Prüfung alternativer Modelle, einer Gefährdungsanalyse nach §5 des Arbeitsschutzgesetzes (ArbSchG) sowie sich daraus ergebender Maßnahmen (vgl. Ratgeber zur Ermittlung gefährdungsbezogener Arbeitsschutzmaßnahmen 2004; ArbSchG 2006).

Das hier entwickelte praxisorientierte Instrument zur Gefährdungsbeurteilung zum Thema Arbeitszeit soll den Krankenhäusern ermöglichen, eine Einschätzung vorzunehmen, inwieweit eine Ausweitung von Dienstzeiten auch auf 24 Stunden ohne eine gesundheitliche Gefährdung der Ärzte möglich ist und welche Maßnahmen ergriffen werden müssen, um eine Gesundheitsgefährdung zu minimieren. Dieses Instrument beruht zum einen auf einer detaillierten Dokumentation der Kenndaten der tatsächlichen bzw. geplanten Arbeitszeiten, indem Dienstzeiten und Dienstabfolgepläne dokumentiert und Verstöße gegen die Vorgaben des Arbeitszeitgesetzes erfasst werden. Hierzu gehören u.a. die Ausdehnung der täglichen Arbeitszeit, die Einhaltung der täglichen als auch wöchentlichen Ruhezeiten, Pausen aber auch die Berücksichtigung von Bereitschaftsdiensten und der arbeitswissenschaftlichen Empfehlungen zur Gestaltung von Nacht- und Schichtarbeit. Zudem werden Aspekte wie Ausgleichszeiträume, Flexibilität und Überschaubarkeit erfragt. Durch die vom Gesetz erlaubten Öffnungsklauseln können sich in den Tarifverträgen Auswirkungen in den Arbeitszeiten bzw. der Dienstplangestaltung wie z.B. die Verkürzung der täglichen Ruhezeit ergeben, die im Hinblick auf den Arbeitsschutz der Beschäftigten kritisch

betrachtet und erfasst werden müssen.

2. Checkliste „Arbeitszeit“

Gemäß den Vorgaben des Arbeitszeitgesetzes (ArbZG 2003) wurde eine Checkliste entwickelt, mit der mögliche Gefährdungen der Beschäftigten, die sich durch gesetzeswidrige oder ungünstig gestaltete Arbeitszeiten ergeben, erkannt werden können. Dazu gehören u.a. Aspekte wie Werk tägliche Arbeitszeit, Ruhepausen, Ruhezeit, Nacht- und Schichtarbeit, Abweichende Regelungen nach § 7 ArbZG sowie Sonn- und Feiertagsbeschäftigung und deren Ausgleich.

Tabelle 1 zeigt in Auszügen den Aufbau der Fragen, wobei es häufig zunächst um die geplanten Dienstzeiten und im Anschluss daran um die tatsächlichen Bedingungen in der Praxis geht, d.h. die Umsetzung. Zudem sind ergänzend ausgewählte Maßnahmen aufgeführt.

3. Maßnahmen

Entsprechend der Gefährdungsbeurteilung zu den einzelnen Aspekten der Checkliste gliedern sich die Maßnahmen in einen „gelben“ (Hinweise und Empfehlungen) und einen „roten“ Bereich (Maßnahmen). „Gelb“ bedeutet, dass hier ein Gefährdungspotential vorliegen kann, wozu Hinweise und Empfehlungen gegeben werden, wie diesem entgegen gewirkt werden kann. „Rot“ bedeutet, dass hier ein Gefährdungspotential vorliegt, wozu die entsprechenden Maßnahmen ergriffen werden müssen, die sowohl dem Wohl der Ärzte und damit einer dauerhaften Arbeitsfähigkeit als auch dem Wohl der Patienten dienen. Die Maßnahmen beider Kategorien können zunächst betriebsintern durchgeführt werden, wobei in besonders schwerwiegenden Fällen, bei denen mehrere Bereiche bzw. Ebenen tangiert sind, auch externe Unterstützung anzuraten ist.

In vielen Punkten der Checkliste wird nach Abweichungen von den Vorgaben des Arbeitszeitgesetzes (ArbZG) gefragt, die teilweise für bestimmte Bereiche schon im ArbZG selbst oder auch über die Öffnungsklauseln in Tarifverträgen möglich sind, wenn ein entsprechender Ausgleich gewährleistet ist. Einige Abweichungen, wie z.B. die Erhöhung der täglichen Arbeitszeit über 10 Std. hinaus, sind nur mit behördlichen Genehmigungen zulässig. Ist dieser Ausgleich nicht oder nicht innerhalb des vorgegebenen Zeitraums bereits in den geplanten Dienstzeiten und Dienstplänen vorgesehen, so ist eine entsprechende Anpassung über eine sorgfältige Dienstplangestaltung unabdingbar. Im Falle von Nacht- und Schichtarbeit sind hier im Besonderen die arbeitswissenschaftlichen Empfehlungen zu berücksichtigen. Bei tatsächlich auftretenden Abweichungen empfehlen sich betriebsinterne Analysen zur Identifizierung der Ursachen.

Eine Belastungsanalyse (z.B. über den „COPSOQ“, Nübling et al. 2005) kann klären, in welchem Fall und inwieweit die Abweichungen tolerabel sind. Für den Fall, dass die Dienstplangestaltung den Beschäftigten obliegt, sollten verhaltensorientierte Maßnahmen, wie z.B. Information der Beschäftigten, ergriffen werden, um die Beschäftigten im Hinblick auf einen effektiven Arbeitsschutz zu informieren und aufzuklären sowie bei der Umsetzung zu unterstützen.

Tabelle 1: Checkliste „Arbeitszeit“ und Maßnahmen (Auszug)

Frage		GELB (Hinweise, Empfehlungen)	ROT (Maßnahmen)
Gibt es Regeldienste, die nach dem Dienstplan länger als 8 Std. sind?	Nein		
	Ja, bis zu 10 Std.	Ausgleich gewährleisten Belastungsanalysen durchführen	
	Ja, über 10 Std. bis zu 12 Std.		Einholen von Genehmigung Betriebsinterne Analysen Belastungsanalysen Tätigkeitsanalysen Ausgleich gewährleisten
Kam es in der Praxis vor, dass die geplanten täglichen Dienstzeiten überschritten wurden?	Nein		
	Ja	Ausgleich gewährleisten Belastungsanalysen durchführen	
Sind nach dem Dienstplan die Pausen in den Regeldiensten, die mehr als 6 und bis zu 9 Stunden lang sind, mind. 30 Minuten lang?	Ja		
	Nein		Dienstplangestaltung
Konnten diese Pausenzeiten in der Praxis ohne Verkürzung eingehalten werden?	Ja		
	Nein	Tätigkeitsanalyse Verhaltensorientierte Maßnahmen	
Sieht der Dienstplan Arbeitszeiten zwischen 23 und 6 Uhr vor?	Nein		
	Ja	Arbeitswissenschaftliche Empfehlungen beachten	
Gab es Abweichungen von den geplanten Zeiten der Bereitschaftsdienste?	Nein		
	Ja	Betriebsinterne Analysen Verhaltensorientierte Maßnahmen	
Kam es vor, dass im Anschluss an den Bereitschaftsdienst (abweichend vom Dienstplan) weiter gearbeitet wurde?	Nein		
	Ja		Tätigkeitsanalysen

Da Arbeitszeit nie losgelöst von Arbeitsorganisation und Tätigkeitsstrukturen gesehen werden kann, können über eine Tätigkeitsanalyse (Häneck & Grzech-Sukalo 2005) die Anteile sowie Dauer und Lage spezifisch ärztlicher Tätigkeiten über den Tag bzw. auch die Woche erfasst werden, die Rückschlüsse auf die damit verbundenen Belastungen zulassen. Darauf basierend können Tätigkeitsabläufe, Organisationsstrukturen und Personaleinsatz hinterfragt und neu gestaltet werden, und auf diesen Veränderungen basierend können auch neue Dienstzeiten oder –abfolgen – auf die jeweilige Abteilung zugeschnitten – erstellt werden.

Sowohl verhältnisorientierte Maßnahmen zu organisatorischen, strukturellen und personellen Aspekten als auch verhaltensorientierte Maßnahmen zu Aufklärung und Unterstützung der Beschäftigten können hierdurch abgeleitet werden, die, wie bei al-

len Gefährdungsanalysen vorgesehen, immer wieder auf Wirksamkeit und Nachhaltigkeit überprüft werden sollten und damit einen Beitrag zur dauerhaften Gefährdungsbekämpfung leisten.

4. Fazit

Das entwickelte und in diesem Bericht vorgestellte Verfahren zur Gefährdungsbeurteilung im Hinblick auf die Arbeitszeit wurde im ersten Schritt für den Krankenhausbereich erstellt. Somit sind hierbei die Besonderheiten von Bereitschaftsdiensten u.a. bedingt durch die im Arbeitszeitgesetz formulierten Öffnungsklauseln besonders behandelt. Es ist für die Zukunft anzuraten, dieses Instrument in der Praxis der Krankenhäuser einzusetzen und zu erproben. Durch diese Evaluation können Hinweise für sinnvolle Ergänzungen und Änderungen gegeben werden.

Auch ist das derzeitig entwickelte Instrument als eine „Light-Variante“ zu verstehen. Noch nicht erfasst sind mögliche Wechselwirkungen, die sich im Rahmen einer Gefährdungsbeurteilung im Hinblick auf Arbeitszeit ergeben können. Hierzu gehören so genannte „Wenn-Dann-Beziehungen“: Wenn z.B. in der vorliegenden Variante eine so genannte opt-out-Regelung vorliegt und zudem noch Nebentätigkeiten erlaubt sind, ergibt sich durch diese Kombinationswirkung eine besondere Gefährdung. Dies gilt auch für negative Abweichungen von Vorgaben, z.B. der Pausenzeiten. Es bleibt zu hinterfragen, ob sofort nach Überschreitung ein Warnhinweis zu vergeben ist oder ob es zukünftig nicht sinnvoller ist, eine Maßeinheit für Über- oder Unterschreitungen (z.B. Wie viele Minuten wurden die Pausenzeiten durchschnittlich unterschritten?) zu ermitteln und in eine erweiterte Checkliste einzubeziehen. Durch diese Punkte könnte dieses Instrument zu Gefährdungsbeurteilung im Hinblick auf Arbeitszeiten noch besser an die Praxis angepasst werden.

5. Literatur

1. Arbeitsschutzgesetz vom 7. August 1996 (BGBl. I S. 1246), zuletzt geändert durch Artikel 227 der Verordnung vom 31. Oktober 2006 (BGBl. I S. 2407).
2. Arbeitszeitgesetz vom 6. Juni 1994 (BGBl. I S. 1170), zuletzt geändert durch Gesetz vom 24. Dezember 2003 (BGBl. I S. 3002).
3. Beermann, B. 2004, Leitfaden für Einführung und Gestaltung von Nacht- und Schichtarbeit. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW.
4. Hänecke, K. & Grzech-Sukalo, H. 2005, Veränderungen von Organisationsstrukturen in Krankenhäusern. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg.), Personalmanagement und Arbeitsgestaltung. Dortmund: GfA-Press, 105-108.
5. Nübling, M., Stöbel, U., Hasselhorn, H.-M., Michaelis, M. & Hofmann, F. 2005, Methoden zur Erfassung psychischer Belastung – Erprobung eines Messinstrumentes (COPSOQ). Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW.
6. Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (Hrsg.) 2004, Ratgeber zur Ermittlung gefährdungsbezogener Arbeitsschutzmaßnahmen im Betrieb – Handbuch für Arbeitsschutzfachleute 2004, 4. aktualisierte Auflage. Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin.

Jugendarbeitsschutz in der Praxis

Hiltraud GRZECH-ŠUKALO und Kerstin HÄNECKE

AWiS-consult, Erlenweg 6, D-27798 Hude/Oldenburg

Kurzfassung: Nach dem Jugendarbeitsschutzgesetz (JArbSchG) sind Arbeitszeiten für Jugendliche auf die Zeit zwischen 6 und 20 Uhr beschränkt. Allerdings dürfen in Gaststätten Jugendliche über 16 Jahren bis 22 Uhr und in mehrschichtigen Betrieben bis 23 Uhr beschäftigt werden. Von Arbeitgeberseite wird die Forderung nach einer Ausweitung dieser Zeiten am Abend erhoben. Tatsächliche Arbeitszeiten jugendlicher Auszubildender aus dem Hotel- und Gaststättengewerbe zeigen, dass auch heute schon gegen gesetzliche Vorgaben verstossen wird. Es stellt sich die Frage, inwieweit eine angestrebte Lockerung der Vorgaben hinsichtlich der Arbeitszeit mit dem Schutzgedanken des JArbSchG zu vereinbaren ist und in welchem Maße Erkenntnisse aus der Arbeitszeitforschung auf Jugendliche übertragbar sind.

Schlüsselwörter: Dienstplangestaltung, Jugendarbeitsschutzgesetz, Arbeitszeitgesetz, arbeitswissenschaftliche Empfehlungen.

1. Einleitung

Nach dem Jugendarbeitsschutzgesetz (JArbSchG 1976) sind Arbeitszeiten für Jugendliche auf die Zeit zwischen 6 und 20 Uhr beschränkt. Jedoch gibt es für einige Branchen Ausnahmen, da hier Arbeit in den Abend- bzw. Nachtstunden zum Berufsbild gehört. So dürfen z.B. Jugendliche über 16 Jahren im Gaststätten- und Schaustellergewerbe bis 22 Uhr und in mehrschichtigen Betrieben bis 23 Uhr beschäftigt werden (JArbSchG § 14). Von Arbeitgeberseite wird die Forderung erhoben, die Beschäftigungsmöglichkeiten von Jugendlichen insbesondere am Abend zu erweitern.

Gerade in der Gastronomie muss von Seiten der Betriebe flexibel auf das – nicht immer exakt vorherzusagende – Gästeaufkommen reagiert werden. So sind zwar vor allem die Abendstunden die bevorzugte Zeit für den Besuch von Restaurants und Gaststätten, aber darüber hinaus spielen in manchen Betriebstypen auch saisonale oder Wettereinflüsse eine Rolle. Diese Bedingungen stellen hohe Anforderungen an die Dienstplanerstellung und deren Umsetzung; Fehlplanungen bleiben häufig nicht aus.

Höhere Gästezahl und damit ein höherer Bedarf an Küchen- und Servicepersonal werden nach wie vor meist durch Überstunden geregelt. Dies gilt oft auch für Jugendliche, die in dieser Branche tätig sind. Überstunden können durch daraus resultierende verkürzte Ruhezeiten zwischen den Diensten zu einer Schlafreduktion führen, was gerade für Jugendliche besonders kritisch zu betrachten ist.

In Bereichen, in denen gerade in den späten Abendstunden und an den Wochenenden ein großer Teil der zu erledigenden Arbeit liegt, wird von Arbeitgeberseite das durch das JArbSchG vorgegebene zeitliche Arbeitsende um 22.00 Uhr oftmals als störend empfunden und die dahinter stehende Schutzfunktion in Frage gestellt. Diese Kritik wird meist damit begründet, dass Jugendliche heutzutage bedingt durch zeitlich in die Abendstunden verlagerte Freizeitaktivitäten insbesondere am Wochenende sowieso bis in die Nacht agil sind. Dies gilt z.B. für Veranstaltungen, Filmvorführungen und Diskothekenbesuche, auch wenn das Jugendschutzgesetz (JuSchG,

2002) die zeitlichen Grenzen für den Aufenthalt z.B. in Gaststätten für Kinder und Jugendliche unter 16 Jahren unter bestimmten Bedingungen bis 23 Uhr und für Jugendliche unter 18 Jahren bis 24 Uhr festlegt.

2. Arbeitszeiten und andere Einflussgrößen

Beispiele aus einem Projekt zur Dienstplangestaltung Hotels und Gaststätten verdeutlichen (vgl. Grzech-Sukalo & Kühnel 2003), dass hier trotz Schwankungen im Gästeaufkommen fast ausschließlich mit geteilten Diensten und einer gleich starken Personalbesetzung geplant und gearbeitet wird. Diese Beispiele verdeutlichen, dass es nicht sinnvoll ist, nur auf einen Aspekt der Arbeitszeitgestaltung zu schauen, sondern dass auch z.B. Beginn der Arbeit und die Berücksichtigung des Gästeaufkommens entscheidend sind für eine möglichst verlässliche Dienstplangestaltung, die auch ein verlässliches Arbeitsende begünstigt. Nur so ist eine umfassende Betrachtung der Arbeitszeiten auch von Jugendlichen sinnvoll.

Wie verschiedene Ergebnisse belegen, ist es nicht immer gewährleistet, dass jugendliche Auszubildende in einem normalen Betrieb mit Abendgeschäft bis 22.00 Uhr die Arbeit beenden können. Abbildung 1 verdeutlicht am Beispiel eines Auszubildenden, dass das Arbeitsende an Samstagen im Durchschnitt bei nahezu 23.00 Uhr liegt, das Maximum sogar bei 0:30 Uhr.

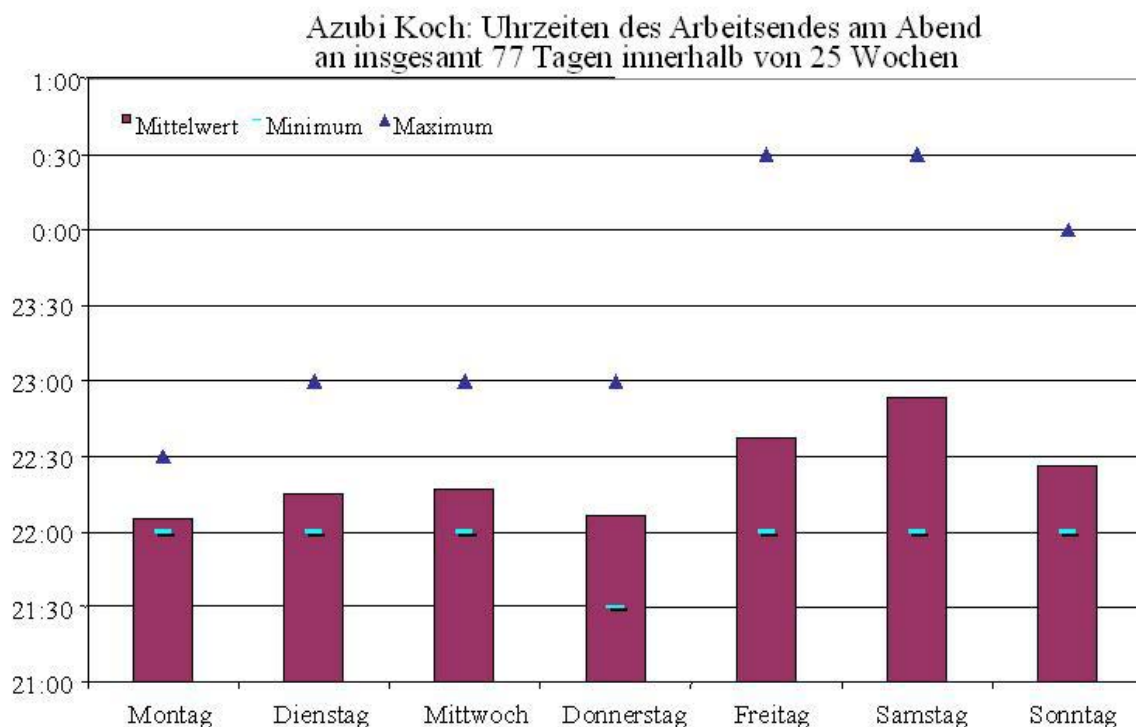


Abbildung 1: Beispiel eines Auszubildenden und dessen Arbeitsende am Abend

Nach Arbeitsende gilt es für die Jugendlichen, noch nach Hause zu kommen, was bei entlegenen Betrieben mit ungünstiger Anbindung an Busse und Bahnen nicht immer einfach möglich ist. Im ländlichen Bereich sind die unter 18-Jährigen häufig auf das Fahrrad oder ein Kleinkrafttrad angewiesen, was die Wegezeiten verlängert und vor allem im Herbst und Winter eine zusätzliche Belastung darstellen kann. So geschieht es schnell, dass die Jugendlichen gerade an Wochenenden nicht vor 1.00

Uhr im Bett sind und damit eine kurze Schlafdauer zu erwarten ist, vor allem, wenn der Arbeitsbeginn am nächsten Tag oder der Besuch der Berufsschule schon in den frühen Vormittagsstunden liegen. Die gesetzlich vorgegebenen Ruhezeiten werden dann nicht eingehalten.

Aus dem bisher Dargestellten erweist sich nicht nur das Arbeitsende als kritischer Punkt, sondern verschiedene weitere Einflussgrößen in der Dienstplangestaltung weisen sowohl gegenüber dem JArbSchG, aber auch dem Arbeitszeitgesetz (ArbZG 2003) Verstöße auf, z. B. in Hinblick auf das Ende der Arbeitszeit, die täglichen Ruhezeiten, die tägliche Arbeitszeit als auch der Einhaltung der durchschnittlichen Wochenarbeitszeit sowie der Pausen. Hier kann vermutet werden, dass gerade für Jugendliche mit negativen Auswirkungen auf die Gesundheit, das psychische Wohlbefinden und die sozialen Kontaktmöglichkeiten – und damit auf die persönliche Entwicklung – zu rechnen ist.

Bereits vorliegende Ergebnisse der Nacht- und Schichtarbeitsforschung können mögliche Hinweise auf die Auswirkungen als kritisch zu betrachtende Arbeitszeitmerkmale geben, auch wenn sie nicht an Jugendlichen erhoben wurden. Gerade negative Auswirkungen im psychosozialen Bereich wurden von Grzech-Sukalo (1998) als auch Grzech-Sukalo & Nachreiner (1997) vielfältig nachgewiesen.

So lässt sich belegen, dass je später ein Arbeitsende ist, um so eher negative Auswirkungen auf die Beschäftigten zu erwarten sind, denn durch ein späteres Ende und die anfallenden Wegezeiten verzögert sich der Beginn des Nachtschlafs. Die Folge sind eine geringere Dauer und eine schlechtere Qualität des Schlafes. Kommt dies häufiger in Folge vor, baut sich ein Schlafdefizit auf. Durch die damit verbundene Übermüdung entsteht ein erhöhtes Unfall- und Fehlerrisiko, wobei sich letzteres negativ auf die Qualität der Arbeit auswirken kann (Beermann et al. 2004; Knauth & Hornberger 1997).

Inwieweit sich durch eine Verlängerung des Arbeitsendes für die Jugendlichen, vergleichbar den Ergebnissen von Nacht- und Schichtarbeitern, eine Verschiebung des Wach- Schlaf- Rhythmus mit einhergehenden Schlafstörungen und den daraus resultierenden Folgeerscheinungen ergibt, ist zu überprüfen. Dies gilt auch für mögliche Auswirkungen auf das soziale Umfeld der Jugendlichen.

Generell sind bei der Betrachtung von Nacht- und Schichtarbeitern nicht nur Auswirkungen im psychosozialen Bereich und auf die Gesundheit vorzufinden, vor allem nach mehreren Jahren in von der normalen Abend- und Wochenendgesellschaft verschobenen Arbeitszeiten. Gerade in Hinblick auf die Zufriedenheit der Beschäftigten sind schon bei geringen Abweichungen von Tagarbeitern vergleichsweise negative Ergebnisse festzustellen. Dies zeigt sich auch bei neuen Ergebnissen zu flexiblen Arbeitszeiten (vgl. Costa et al. 2004; Janssen & Nachreiner 2005).

Bisherige Ergebnisse der Nacht- und Schichtarbeitsforschung sind mit großer Wahrscheinlichkeit nicht eins zu eins auf Jugendliche übertragbar. Allerdings kann auch nicht davon ausgegangen werden, dass Jugendliche die schon für Erwachsene besonderen Problempunkte unproblematischer bewältigen; Schlafmangel kann auch Jugendliche in ihrer Gesundheit und ihrem Wohlbefinden beeinträchtigen. Gerade im jugendlichen Alter verändert sich die Ausschüttung von Hormonen und damit der Biorhythmus: der Einschlafzeitpunkt verlagert sich in den späten Abend (Füller 2002). Gleichzeitig brauchen Jugendliche in dieser Entwicklungsphase mehr Schlaf. Thematisiert wird dieser Sachverhalt und seine Auswirkungen auf die Leistungsfähigkeit und Motivation vor allem im Hinblick auf den Beginn der Schulstunden, der in Deutschland – zudem in Verbindung mit langen Wegezeiten – relativ früh liegt.

Dem späteren Arbeitsbeginn im Hotel- und Gaststättengewerbe käme dies zwar

sehr entgegen, aber die Auswirkungen durch die berufliche Arbeitsbelastung, ein möglicher Schlafmangel und soziale Beeinträchtigungen sind noch unklar.

In einem zurzeit laufenden Forschungsprojekt, das von der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin gefördert wird, sollen die verschiedenen Einflussfaktoren analysiert werden, um festzustellen, inwieweit eine Lockerung des JArbSchG in Hinblick auf ein späteres Arbeitsende ohne negative Auswirkungen für die Jugendlichen möglich ist oder nicht. So lassen sich fundierte Erkenntnisse ermitteln, die der vom Bundesministerium für Arbeit und Soziales eingerichteten Arbeitsgruppe als Entscheidungshilfe dienen können.

3. Literatur

1. Arbeitszeitgesetz, 24.12.2003, BGBl. I p. 1170, 1171. EU-Richtlinie 93/104/EG 23.11.1993, Abl. EG No. L 307 S.18.
2. Beermann, B. 2004, Arbeitswissenschaftliche und arbeitsmedizinische Erkenntnisse zu überlangen Arbeitszeiten. In: P. Nickel, K. Hänecke, M. Schütte & H. Grzech-Šukalo (Hrsg.), Aspekte der Arbeitspsychologie in Wissenschaft und Praxis. Lengerich: Pabst Science Publishers, 207-224.
3. Costa, G., Akerstedt, T., Nachreiner, F., Baltieri, F., Folkard, S., Frings Dresen, M., Gadbois, C., Gärtner, J., Grzech-Sukalo, H., Härmä, M., Kandolin, I., Sartori, S. & Silverio, J., 2004, Flexible Work Hours, Health and Well-being in the European Union: Some Considerations from a SALTSA Project, Chronobiology International, 21, 831-844.
4. Elmerich, K., Knauth, P., Hornberger, S., Hunger, B., Göthel, B. & Seibt, A. 2005, Assessment of Working Times in German Restaurants, Shiftwork International Newsletter, 22, 46.
5. Füller, I. 2002, Wenn der Schlaf gestört ist. Verlag Stiftung Warentest.
6. Grzech-Šukalo, H. 1998, Strukturelle Unterschiede von Schichtsystemen und ihre psychosozialen Auswirkungen. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg.), Kommunikation und Kooperation. Dortmund: GfA-Press, 45.
7. Grzech-Šukalo, H. & Kühnel, G. 2003, Innovative Arbeitszeiten im Hotel- und Gaststättengewerbe – Handlungshilfe für Unternehmen. Erkrath: Toennes Satz + Druck GmbH.
8. Grzech-Šukalo, H. & Nachreiner, F. 1997, Structural Properties of Shift Schedules, Employment of Partners, and Their Effects on Workers' Family and Leisure Activities, International Journal of Occupational and Environmental Health, 3, 67-70.
9. Janssen, D. & Nachreiner, F. 2005, Auswirkungen flexibler Arbeitszeiten in Abhängigkeit von ihrer Vorhersehbarkeit. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg.), Personalmanagement und Arbeitsgestaltung. Dortmund: GfA-Press, 305-308.
10. Jugendarbeitsschutzgesetz (JArbSchG) vom 12. April 1976 (BGBl. I S. 965), zuletzt geändert durch Artikel 230 der Verordnung vom 31. Oktober 2006 (BGBl. I S. 2407).
11. Jugendschutzgesetz (JuSchG) vom 23. Juli 2002 (BGBl. I S. 2730, 2003 I S. 476).
12. Knauth, P. & Hornberger, S., 1997, Schichtarbeit und Nachtarbeit. München: Bayerisches Staatsministerium für Arbeit und Sozialordnung.

Prozessoptimierung und effizienter Personaleinsatz im Krankenhaus durch die Einführung klinischer Pfade

Gert ZÜLCH, Patricia STOCK und Jan HRDINA

*Institut für Arbeitswissenschaft und Betriebsorganisation (ifab),
Universität Karlsruhe (TH), Kaiserstr. 12, D-76131 Karlsruhe*

Kurzfassung: Krankenhäuser sehen sich einem wachsenden Kosten- und Qualitätsdruck ausgesetzt. Der Beitrag beschreibt vor diesem Hintergrund eine simulationsbasierte Vorgehensweise zur Analyse von Arbeitszeitsystemen in Krankenhäusern. Durch flexible Anpassung des personellen Kapazitätsbestandes an den durch Patientenaufkommen und Behandlungspfade charakterisierten Kapazitätsbedarf soll ein hoher patientenorientierter Servicegrad sichergestellt werden. Somit können die zur Verfügung stehenden personellen Ressourcen effizienter als bisher eingesetzt und dabei gleichzeitig patienten- und personalorientierte Zielsetzungen realisiert werden.

Schlüsselwörter: Klinische Pfade, personalorientierte Simulation, Arbeitszeitgestaltung.

1. Klinische Pfade als Steuerungsinstrument im Krankenhaus

Durch die aktuellen Entwicklungen in Deutschland haben die Anforderungen in Krankenhäusern stetig zugenommen. So wurde im Jahr 2004 die Finanzierung der Krankenhäuser auf das Festpreissystem der "German Diagnosis Related Groups" (G-DRGs) umgestellt, wodurch pro Patientenfall nur noch ein fester Betrag bezahlt wird. Um dem steigenden Kostendruck begegnen zu können, sind die Krankenhäuser gezwungen, äußerst kostenbewusst und -transparent zu arbeiten. Hierzu ist die Analyse und kontinuierliche Verbesserung der Prozesse notwendig. Zudem sind die Krankenhäuser seit 2005 verpflichtet, Qualitätsberichte zur Weiterleitung an die Landesverbände der Krankenkassen, die Verbände der Ersatzkassen sowie den Verband der privaten Krankenversicherung zu verfassen, woraus ein wachsender Qualitätsdruck resultiert. Schließlich sehen sich viele Krankenhäuser durch das Urteil des Europäischen Gerichtshofs (EuGH 2003) zum Bereitschaftsdienst, nach dem der Bereitschaftsdienst in vollem Umfang als Arbeitszeit zu behandeln ist, vor die Problematik gestellt, dass ihr praktiziertes Arbeitszeitmodell gegen die gesetzlichen Regelungen verstößt und somit einer Anpassung bedarf. Die neue Rechtsprechung des EuGH reduziert de facto die zur Verfügung stehende Personalkapazität (zur Vertiefung z.B. Zülch et al. 2006).

Diese Veränderungen bringt die Notwendigkeit mit sich, die Arbeitsabläufe und den Personaleinsatz so effizient wie möglich zu gestalten. Hierzu können Klinische Behandlungspfade herangezogen werden, welche in den USA bereits seit Beginn der 1980er-Jahre als Steuerungsinstrument erfolgreich eingesetzt werden (vgl. Küttner 2004, S. 16). Derzeit existieren jedoch weder eine allgemeingültige Definition noch eine gemeinsame Vorgehensweise zur Ableitung eines Klinischen Pfades (eine Auswahl an Definitionen ist z.B. bei Küttner 2004, S. 10 f. zu finden).

Im Folgenden wird ein Klinischer Pfad als ein Steuerungsinstrument verstanden, "das den optimalen Weg eines speziellen Patiententyps mit seinen entscheidenden

diagnostischen und therapeutischen Leistungen und seiner zeitlichen Abfolge festlegt. Interdisziplinäre und interprofessionelle Aspekte finden ebenso Berücksichtigung wie Elemente zur Umsetzung, Steuerung und ökonomischen Bewertung" (Bundesärztekammer 2007, S. 54 f.). Klinische Pfade eröffnen somit eine Basis für weiterführende arbeitsgestalterische Maßnahmen, z.B. im Rahmen der Kapazitätsplanung und Arbeitszeitgestaltung.

Durch die Einführung von Klinischen Pfaden wurde in verschiedenen Studien z.B. die Senkung der Verweildauer, die Reduzierung der Behandlungskosten bei gleichbleibendem Behandlungsergebnis, die Senkung der Verweildauer und der Behandlungskosten bei gleichbleibender oder steigender Behandlungsqualität sowie die Senkung des Dokumentationsaufwands aufgezeigt (zur Vertiefung z.B. Küttner 2004, S. 35 f.; Roeder & Küttner 2006, S. 287 f.). Andere Studien wiederum konnten keine signifikanten Effekte nachweisen (vgl. Lee & Anderson 2007, S. 80). Somit sind die Entwicklung und Implementierung der Klinischen Pfade sowie deren erzielbare Ergebnisse offensichtlich immer Krankenhaus-spezifisch.

2. Personalorientierte Simulation als Mittel der Arbeitszeitgestaltung

Vor diesem Hintergrund hat es sich das DFG-Projekt "Prozessoptimierung und effizienter Personaleinsatz im Krankenhausbereich" zum Ziel gesetzt, eine simulationsbasierte Vorgehensweise zur Analyse von Arbeitszeitmodellen zu entwickeln, anhand derer auf Basis von Simulationsuntersuchungen die Vorteile und Möglichkeiten von Arbeitszeitmodellen im Krankenhausbereich erforscht und Gestaltungsempfehlungen abgeleitet werden können. Als Werkzeug hierzu diente das am ifab entwickelte Simulationsverfahren OSim-GAM (Objektsimulator zur Gestaltung von Arbeitszeitmodellen; zur Vertiefung Jonsson 2000; Bogus 2002), mit dem Arbeitszeitmodelle und -systeme in objektiver Form effizient und auf quantitativer Basis bewertet werden können. Dieses Verfahren wurde um Krankenhaus-spezifische Modellierungselemente erweitert, sodass insbesondere auch Klinische Pfade und flexible Arbeitszeitmodelle und solche mit Bereitschaftsdienst abgebildet werden können (zur Vertiefung z.B. Zülch et al. 2006). Im Folgenden werden die Ergebnisse einer Simulationsstudie zur Arbeitszeitgestaltung auf Basis Klinischer Pfade vorgestellt, welche im Rahmen des Projektes in der chirurgischen Abteilung eines kooperierenden Krankenhauses durchgeführt wurde.

3. Arbeitszeitgestaltung auf Basis Klinischer Pfade in einer Chirurgie

3.1 Ausgangssituation der Chirurgie

Die Simulationsstudie diente der Arbeitszeitgestaltung für den ärztlichen Dienst einer Chirurgie. Diese besteht aus einer allgemeinchirurgischen und einer unfallchirurgischen Abteilung, welche sich hinsichtlich der behandelten Patiententypen unterscheiden. Beide Abteilungen behandeln insgesamt etwa 10.000 Patienten jährlich. Es arbeiten insgesamt zwei Chefarzte, zwei Oberärzte, sechs Assistenzärzte sowie ein Ambulanzzarzt in der Chirurgie. Alle Ärzte werden als Universalisten eingesetzt, wobei die Chefarzte neben der fachlichen Arbeit auch weitere organisatorische Aufgaben wahrnehmen. Die Ärzte arbeiten in der Ausgangssituation in einem klassischen Schichtmodell mit Bereitschaftsdienst.

3.2 Ableitung der Klinischen Pfade

Da bislang keine Informationen hinsichtlich der Patiententypen und Klinischen Pfaden vorlagen, wurde zunächst eine Selbstaufschreibung der Ärzte durchgeführt. Hierzu wurde ein Fragebogen entwickelt, der für jeden Patienten die Aufschreibung der Tätigkeiten, deren Startzeitpunkt und Dauer sowie die Anzahl der beteiligten Ärzte vorsah. In einem Monat konnten somit 1022 gültige Fragebögen erhoben werden, von denen sich etwa 81 % auf ambulante Patienten bezogen. Dabei war bei 88 % der ambulanten Patienten nur ein einziger Arztbesuch zum Abschluss der Behandlung erforderlich.

Im Anschluss wurden auf Basis einer statistischen Auswertung Klinische Pfade abgeleitet. Hierbei zeigte sich, dass die Patienten prinzipiell in zwei verschiedene Klassen differenziert werden können:

- Die Behandlung der ambulanten Patienten mit nur einem Arztbesuch (71 % aller Fragebögen) wies einen ausschließlich sequenziellen Ablauf der Arbeitsvorgänge auf. Die Fragebögen konnten in 14 verschiedene Patiententypen differenziert werden, deren Behandlung eine Sequenz von zwei bis sechs Arbeitsvorgängen umfasste (vgl. Abb. 1).
- Demgegenüber zeigte die Analyse, dass die Gruppe der ambulanten Patienten mit mehrmaligen Arztbesuch und die der stationären Patienten höchst heterogen ist: Weder im Ablauf der Behandlungsfolge noch in der Zwischenankunftszeit zwischen den Besuchen lassen sich statistisch signifikante Cluster finden. Daher wurde nicht mehr die vollständige Behandlungsfolge betrachtet, sondern stattdessen der Ablauf der einzelnen Arztbesuche der Behandlung. Auf diese Weise ließen sich typische Behandlungsfolgen ableiten. Die so entwickelten Patiententypen wiesen keinen rein sequenziellen Ablauf der Arbeitsvorgänge auf, sondern die Kommunikation mit dem Patienten, den Angehörigen und Fachkollegen sowie medizinische Anordnungen wurden zum Teil parallelisiert durchgeführt.

3.3 Abbildung der Chirurgie im Simulationsmodell

Die Modellierung der verschiedenen Patiententypen erfolgt in OSim-GAM mit Hilfe von Durchlaufplänen, die netzgraphenartig die zeitlich-logischen Abhängigkeiten der Arbeitsvorgänge bei der Behandlung darstellen. Ein Durchlaufplan kann von internen oder externen Ereignissen ausgelöst werden, z.B. durch die Ankunft eines Patienten. Ein Krankenhaus wird somit durch das anwesende Personal und die verfügbaren Arbeitsplätze bzw. Betriebsmittel sowie durch die Gesamtheit aller Durchlaufpläne beschrieben (zur Vertiefung z.B. Zülch et al. 2006). Abbildung 1 zeigt einen solchen Durchlaufplan; er besteht aus den beiden sequenziellen Arbeitsvorgängen "Beratung/Untersuchung" und "Administration", deren Durchführungszeiten als Betaverteilungen modelliert sind.

3.4 Ergebnis der Simulationsstudie

Ziel der durchgeführten Simulationsstudie war ein Vergleich des praktizierten Schichtmodells mit einem hochflexiblen Arbeitszeitmodell, bei dem die Zuteilung der Einsatzzeiten allein auf dem prognostizierten Kapazitätsbedarf basiert. Dabei zeigte sich, dass durch ein flexibles Arbeitszeitmodell die Behandlungsdauer deutlich reduziert werden kann, da die Wartezeiten der Patienten zwischen zwei Vorgängen redu-

ziert wird. Die Auslastung und der Zeitstress des Personals sinken, während die physische Belastung unverändert bleibt. Der Kostensatz des Personals sowie die mittleren Prozesskosten hingegen steigen aufgrund der gesunkenen Auslastung an. Somit bietet das flexible Arbeitszeitmodell gegenüber dem traditionellen Schichtmodell Vorteile hinsichtlich des patientenorientierten Servicegrads.

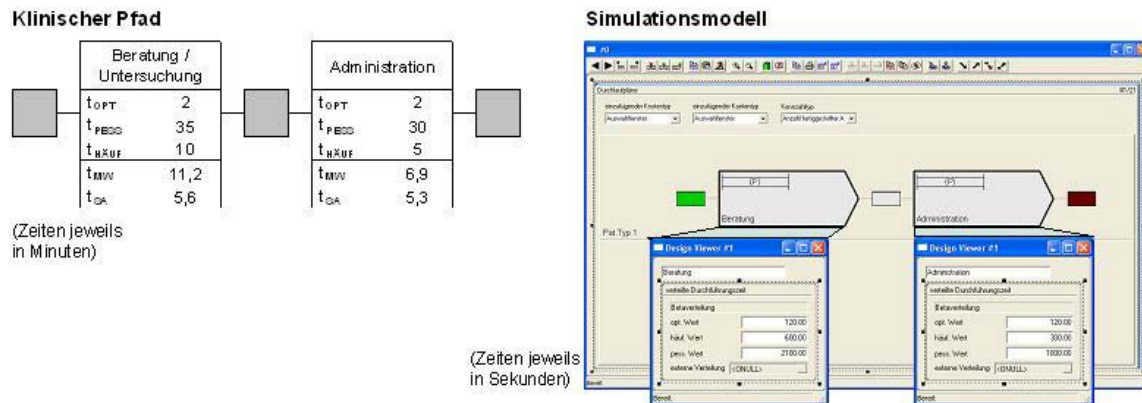


Abbildung 1: Überführung der abgeleiteten Klinischen Pfade in ein Simulationsmodell

4. Fazit

Die Prozessgestaltung und der Personaleinsatz im Krankenhaus werden zu immer bedeutenderen Erfolgsfaktoren. Die Klinischen Pfade können hierzu als effizientes Steuerungsinstrument herangezogen werden, sofern diese Krankenhaus-spezifisch abgeleitet werden. Insbesondere können diese auch als Input für Simulationsuntersuchungen herangezogen werden, mit denen dann mittels dynamischer Analysen organisatorische Verbesserungen aufgezeigt werden können.

5. Literatur

1. Bogus, T. 2002, Simulationsbasierte Gestaltung von Arbeitszeitmodellen in Dienstleistungsbetrieben mit kundenfrequenzabhängigem Arbeitszeitbedarf. Aachen: Shaker Verlag.
2. Bundesärztekammer, Kassenärztliche Bundesvereinigung & Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften 2007, Curriculum Ärztliches Qualitätsmanagement, 4. Auflage. Berlin: <http://www.bundesaerztekammer.de/downloads/CurrAerztQM3.pdf>, Stand: 09.01.2008.
3. EuGH – Europäischer Gerichtshof 2003, Urteil vom 09.09.2003 in der Rechtssache C 151/02. <http://curia.europa.eu/jurisp/cgi-bin/gettext.pl?lang=de&num=79969090C19020151&doc=T&ouvert=T&seance=ARRET>, Stand: 15.01.2008.
4. Jonsson, U. 2000, Ein integriertes Objektmodell zur durchlaufplanorientierten Simulation von Produktionssystemen. Aachen: Shaker Verlag.
5. Küttner, T. 2004, Der Klinische Behandlungspfad als strategisches Managementinstrument im DRG-Kontext und dessen Entwicklung am praktischen Beispiel einer akutgeriatrischen Abteilung eines somatischen Krankenhauses. Münster: Schöling Verlag.
6. Lee, K.-H. & Anderson, Y. M. 2007, The Association Between Clinical Pathways and Hospital Length of Stay: A Case Study, Journal of Medical Systems, 31, 79–83.
7. Roeder, N. & Küttner, T. 2006, Behandlungspfade im Licht von Kosteneffekten im Rahmen des DRG-Systems, Der Internist, 47, 684–689.
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, 183-192.

Die Interferenz von flexiblen Arbeitszeiten mit dem circadianen Rhythmus als Prädiktor für Beeinträchtigungen der Gesundheit und des Wohlbefindens

Ole GIEBEL, Anna WIRTZ und Friedhelm NACHREINER

*Gesellschaft für Arbeits-, Wirtschafts- und Organisationspsychologische
Forschung e.V., Achterdiek 50, D-26131 Oldenburg*

Kurzfassung: Es wird untersucht, ob die Vorhersage von Beeinträchtigungen anhand spektraler Parameter von flexiblen Arbeitszeitsystemen für den Bereich Gesundheit und Wohlbefinden möglich ist. Die rhythmischen Komponenten der Arbeitszeit sowie der circadianen Körpertemperaturkurve werden anhand von uni- und bivariaten Spektralanalysen in Hinblick auf spektrale Dichte und Phasenverschiebung untersucht. Die Ergebnisse legen den Schluss nahe, dass eine Unterdrückung der 24 und der 168 Std. Komponenten der Arbeitszeit, was dem Fehlen regelmäßiger Tages- und Wochenstrukturen entspricht, als Parameter zur Vorhersage von Beeinträchtigungen genutzt werden kann. Ebenso kann die Phasenverschiebung dieser rhythmischen Komponenten zwischen Arbeitszeit und Körpertemperaturkurve als Vorhersage-Indikator für Beeinträchtigungen (hauptsächlich im gastro-intestinalen Bereich) herangezogen werden.

Schlüsselwörter: flexible Arbeitszeiten, Zeitserienanalysen, Beeinträchtigungen.

1. Einleitung

Arbeitszeiten können zu einem unregelmäßigen Arbeits- / Freizeit- / Schlafrhythmus führen, was zu einer Desynchronisation dieser Zeiten mit biologischen Rhythmen führen kann. Ähnliche Zusammenhänge sind bereits aus der Schichtarbeitsforschung bekannt, siehe etwa Rutenfranz et al. (1993), und es liegt nahe, solche Zusammenhänge auch für flexible Arbeitszeiten anzunehmen. Weiterhin können flexible Arbeitszeiten zu Beeinträchtigungen im gesundheitlichen und sozialen Bereich führen, wie verschiedene Studien belegen (Giebel et al. 2004; Janßen & Nachreiner 2004; Costa et al. 2004; Wirtz et al. 2008). Trotz der steigenden Beliebtheit flexibler Arbeitszeiten wurde bis heute kein Modell entwickelt, welches (1) eine adäquate Beschreibung, Charakterisierung und Differenzierung unterschiedlicher Formen flexibler Arbeitszeiten erlaubt, und (2) eine Vorhersage der Effekte unterschiedlicher Formen flexibler Arbeitszeiten ermöglicht. Zudem existieren unterschiedliche Definitionen, was als flexible Arbeitszeit zu verstehen ist, so dass die Untersuchung der Zusammenhänge erschwert wird. Für diese Untersuchung wird eine Definition verwendet, wie sei von Costa et al. (2004) vorgeschlagen wird. Nach dieser Definition sind Arbeitszeiten flexibel, wenn es Dispositionsspielräume hinsichtlich Dauer, Lage und Verteilung der Arbeitszeiten gibt, wobei zwischen arbeitnehmer- und arbeitgeberbezogenem Dispositionsspielraum unterschieden wird.

Um gesundheitliche Auswirkungen flexibler Arbeitszeiten zu untersuchen verwandten Giebel et al. (2004) Spektralanalysen und konnten darüber eine Klassifikation anhand unterschiedlicher periodischer Komponenten erreichen. Es konnte gezeigt

werden, dass die Unterdrückung gewisser rhythmischer Komponenten mit erhöhten Beeinträchtigungen der Gesundheit und des Wohlbefindens zusammenhängen.

Die Spektralanalyse kann zudem dazu genutzt werden Interferenzen der Arbeitszeit mit sozialen oder biologischen Rhythmen zu überprüfen um dadurch weitere Zusammenhänge zu Beeinträchtigungen aufzuzeigen (Ernst 1984). Wirtz et al. (2008) waren mit diesem Ansatz in der Lage, die durch die Gestaltung flexibler Arbeitszeiten verursachte Beeinträchtigungen im sozialen Bereich vorherzusagen.

In dieser Studie soll nun der Untersuchung des Zusammenhangs zwischen Beeinträchtigungen im Gesundheitlichen Bereich und der Interferenz der Arbeitszeit mit dem biologischen Rhythmus der Körpertemperatur nachgegangen werden.

2. Methode

Mit der bivariaten Spektralanalyse lassen sich zwei Zeitreihen hinsichtlich ihrer regelmäßigen Rhythmen untersuchen. Neben der Analyse der periodischen Komponenten lassen sich zudem Interferenzen zwischen beiden Zeitreihen berechnen. In dieser Studie wird als erste Zeitserie die Arbeitszeit verwendet und als zweite die Kurve der Körpertemperatur. Mit den Daten der Studie von Janßen & Nachreiner (2004) standen geeignete flexible Arbeitszeitsysteme zur Verfügung, die mittels Dummycodierung (1=Arbeit, 0=Frei) in Zeitserien übersetzt wurden. Zudem waren hier Informationen zur gesundheitlichen Beschwerden enthalten, welche als abhängige Variable verwendet wurden. Als zweite Zeitserie wurde die Körpertemperaturkurve verwendet, wie sie von Colquhoun et al. (1968) publiziert wurde.

Aus methodischen Gründen war es notwendig, die Arbeitszeitsysteme in mehrere Bereiche wöchentlicher Arbeitszeit zu unterteilen. Aus Platzgründen sollen hier aber nur die Ergebnisse des Zeitbereiches von 31,25 bis 41,25 Std. pro Woche vorgestellt werden, da es sich hier um Vollzeitsysteme handelt, die als bedeutend für die Untersuchung flexibler Arbeitszeiten angesehen werden.

Zuerst wurden die stärksten periodischen Komponenten sowohl in der Arbeitszeit wie auch der Körpertemperaturkurve ermittelt. Ein spezielles Interesse galt hier der 24 und der 168 Std. Komponente (P24, P168), da diese den Tages- bzw. Wochenrhythmus darstellen. Die Stärke dieser Tages- und Wochenrhythmik wurde mit dem Ausmaß subjektiver Beschwerden der Mitarbeiter korreliert, um den Zusammenhang zwischen Variabilität und Beeinträchtigungen aufzuzeigen. Im Anschluss daran wurde die Phasenverschiebung der Tageskomponenten (ϕ_{24}) zwischen Arbeitszeit und Körpertemperatur berechnet und diese wiederum in Zusammenhang mit den Beeinträchtigungen gestellt.

3. Ergebnisse

Tabelle 1 zeigt die Korrelationen zwischen Tages- (P24) und Wochenrhythmik (P168) des Arbeitszeitsystems und ausgewählten berichteten Beschwerden. Bei Arbeitszeitsystemen mit schwacher P168 wurden wesentlich höhere Beeinträchtigungen berichtet als bei Arbeitszeitsystemen mit hoher P168. Weiterhin stehen Arbeitszeitsysteme mit einer hohen Phasenverschiebung zur circadianen Periodik der Temperaturkurve (ϕ_{24}) mit höheren Beeinträchtigung im Zusammenhang. Es lassen sich also deutliche Zusammenhänge zwischen den periodischen Komponenten und der Phasenverschiebung des Arbeitszeitsystems und den Beeinträchtigungen, haupt-

sächlich im gastrointestinalen Bereich zeigen.

Tabelle 1: Korrelationen der spektralen Dichte und Phasenverschiebung mit körperlichen Beeinträchtigungen (** $p < 0.01$, * $p < 0.05$)

Beeinträchtigungen	Spektrale Dichte P 168	Spektrale Dichte P 24	Phasenverschiebung $\phi 24 \mid h - 3h \mid$
Magenschmerzen	-.209 (*)	-.052	.192 (*)
Verdauungsprobleme	-.219 (*)	-.114	.324 (**)
Schlafprobleme	-.327 (**)	-.281 (**)	.150

Abbildung 1 zeigt den Zusammenhang zwischen einem Faktorwert für die gastrointestinalen Beschwerden, P24 und $\phi 24$. Wie zu erkennen ist zeigt sich hier ein Zusammenhang sowohl mit der Stärke der 24 Std. Komponente des Arbeitszeitsystems, als auch mit dessen Phasenverschiebung zur Körpertemperatur. Ist nur eine geringe periodische 24 Std. Komponente vorhanden, so hängt eine geringe Phasenverschiebung (in Relation zur optimalen Verschiebung bei -3 Std.) mit geringen Beschwerden zusammen. Sobald ein bestimmter Punkt überschritten ist, zeigen sich generell erhöhte Beschwerden. Im Gegenzuge zeigt sich bei einer starken 24 Std. Komponente, dass die Beschwerden mit zunehmender Phasenverschiebung zu diesem optimalen Punkt ansteigen.

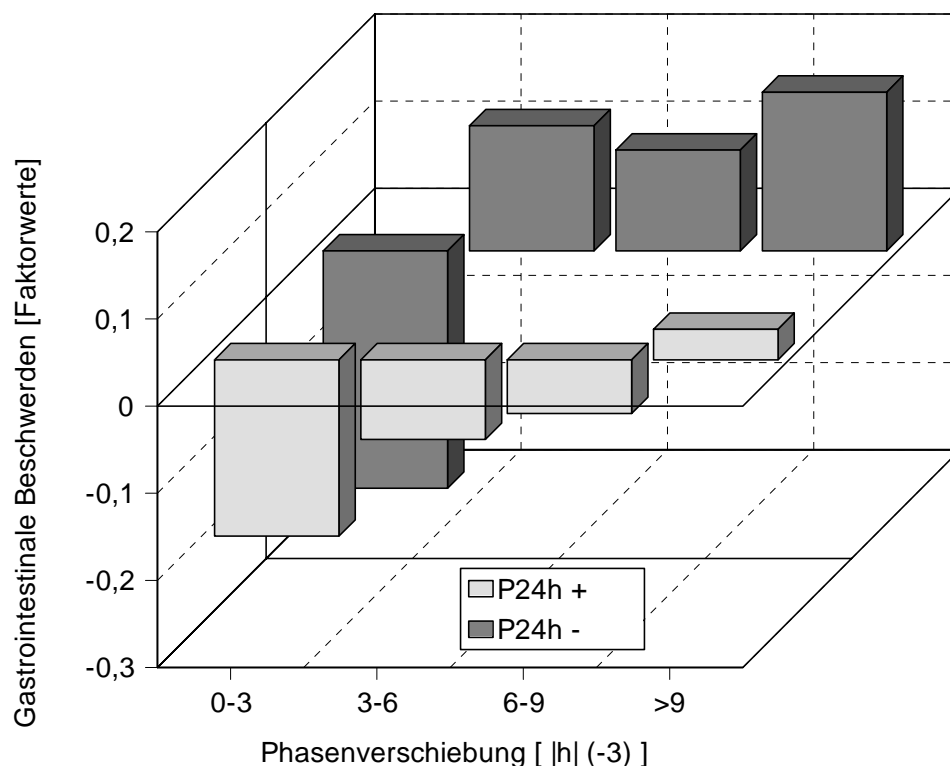


Abbildung 1: Der Zusammenhang zwischen der Spektralen Dichte (P24) und der Phasenverschiebung ($\phi 24$) mit den berichteten Verdauungsproblemen

Dieser Punkt der optimalen Verschiebung zwischen den rhythmischen Komponenten der Arbeitszeit und dem circadianen Rhythmus ergab sich aus der Berechnung unterschiedlicher Kurvenanpassungen. Für den gastrointestinalen Bereich konnte dieser Punkt bei ca. -3 Std. festgelegt werden, wobei ein quadratischer Term zugrun-

de gelegt wurde. Bessere Anpassungsmodelle konnten aufgrund der Datenlage nicht errechnet werden.

4. Diskussion und Schlussfolgerung

Die Ergebnisse legen den Schluss nahe, dass die Spektralanalyse ein vielversprechender Ansatz ist, um flexible Arbeitszeitsysteme zu klassifizieren und bezüglich ihrer Auswirkungen zu untersuchen.

Es zeigt sich, dass die Regelmäßigkeit eines Arbeitszeitsystems nicht ausreicht, um vor Beschwerden geschützt zu sein. Vielmehr muss diese Regelmäßigkeit auch in einer entsprechenden Phasenlage zum circadianen Rhythmus liegen.

Für zukünftige Analysen wäre die Frage interessant, ob diese wenigen Parameter ausreichen, um flexible Arbeitszeitsysteme angemessen zu beschreiben. Möglicherweise sind bessere Klassifizierungen mit einer größeren Anzahl spektraler Parameter zu erreichen. Zudem wäre es interessant den sozialen Rhythmus oder etwa unterschiedliche Schlafverhalten (-zeiten) mit in die multivariate Spektralanalyse einzubeziehen.

5. Literatur

1. Colquhoun, W.P., Blake, M.J.F. & Edwards, R.S. 1968, Experimental studies of shiftwork II. Stabilized 8-hour shift system, *Ergonomics*, 11, 527-546.
2. Costa, G., Akerstedt, T., Nachreiner, F., Baltieri, F., Carvalhais, J., Folkard, S., Frings-Dresen, M., Gadbois, C., Gärtner, J., Grzech-Sukalo, H., Härmä, M., Kandolin, I., Sartori, S. & Silvério, J. 2004, Flexible Working Hours, Health, and Well-Being in Europe: Some Considerations from a SALTSA Project, *Chronobiology International*, 21, 831 - 844.
3. Giebel, O., Janssen, D., Schomann, C. & Nachreiner, F. 2004, A new approach for evaluating flexible working hours, *Chronobiology International*, 21, 1015-1024.
4. Janßen, D. & Nachreiner, F. 2004, Flexible Arbeitszeiten. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW, Verlag für neue Wissenschaft GmbH.
5. Rutenfranz, J., Knauth, P. & Nachreiner, F. 1993, Arbeitszeitgestaltung. In: H. Schmidtke (Hrsg.), *Ergonomie*. München: Hanser, 459-599.
6. 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* (submitted).

Die Interferenz von flexiblen Arbeitszeiten mit der Nutzbarkeit arbeitsfreier Zeit – Ein Prädiktor für soziale Beeinträchtigungen

Anna WIRTZ¹, Ole GIEBEL², Friedhelm NACHREINER² und Carsten SCHOMANN²

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

² GAWO e.V., Achterdiek 50, D-26131 Oldenburg

Kurzfassung: Mit Methoden der Spektralanalyse werden flexible Arbeitszeiten auf die in ihnen enthaltenen Rhythmen untersucht. Deren Phasenverschiebung zum sozialen Rhythmus wird als Kennzeichen für die Interferenz zwischen Arbeitszeit und nutzbarer Freizeit verwendet und ebenso wie die Tages- und Wochenrhythmen der Arbeitszeit in Verbindung mit berichteten sozialen Beeinträchtigungen gebracht. Die Ergebnisse zeigen, dass für eine Minimierung sozialer Beeinträchtigungen ein regelmäßiger Rhythmus der Arbeitszeit und gleichzeitig dessen optimale Phasenlage zum sozialen Rhythmus gegeben sein müssen.

Schlüsselwörter: flexible Arbeitszeiten, Spektralanalyse, Beeinträchtigungen, Desynchronisation.

1. Einleitung

Flexible Arbeitszeiten sind in den unterschiedlichsten Formen in Europa und anderen Ländern weit verbreitet (Costa et al. 2004), daher ist die Abschätzung von mit diesen Arbeitszeitformen verbundenen Risiken von großer Bedeutung für eine sozialverträgliche Arbeitszeitgestaltung. In vorangegangenen Untersuchungen konnte gezeigt werden, dass aus flexiblen Arbeitszeiten ähnliche Probleme wie aus Schichtarbeit resultieren können (vgl. Giebel et al. 2004; Janßen & Nachreiner 2004). Dabei wurde gezeigt, dass insbesondere Arbeitszeiten mit hoher Variabilität, d.h. nur gering ausgeprägter Rhythmik, in Verbindung mit gesundheitlichen Beeinträchtigungen stehen können. Weiterhin ist zu vermuten, dass aus einer möglichen Desynchronisation von variablen Arbeitszeiten mit biologischen oder sozialen Rhythmen gesundheitliche bzw. soziale Beeinträchtigungen resultieren. Daher wird in dieser Pilotstudie untersucht, welchen Einfluss der Rhythmus der Arbeitszeit sowie dessen Desynchronisation mit sozialen Rhythmen auf soziale Beeinträchtigungen besitzen. Gleichzeitig wird die zeitreihenanalytische Methode der Spektralanalyse auf ihre Eignung zur Untersuchung solcher Fragestellungen geprüft.

2. Methode

Mit der Methode der Spektralanalyse kann ein Signal in die in ihm enthaltenen periodischen Komponenten zerlegt werden, so dass man erkennen kann, welche Rhythmen in diesem Signal gegeben sind. Mit Hilfe bivariater Spektralanalysen zweier verschiedener Signale lässt sich darüber hinaus untersuchen, welche Rhythmen in beiden Zeitreihen gemeinsam vorhanden sind und wie diese phasenverscho-

ben zueinander schwingen.

In dieser Studie wurde eine Sekundäranalyse von zwei Fragebogenstudien durchgeführt. Bei der ersten dieser Studien handelt es sich um eine Untersuchung zu flexiblen Arbeitszeiten (Janßen & Nachreiner 2004), in der Arbeitszeiten über jeweils 4 Wochen hinweg sowie soziale und gesundheitliche Beschwerden erfasst worden waren. Nach Entfernung der regelmäßigen Schichtarbeiter sowie von Personen, die weniger als 20 Stunden pro Woche arbeiten, verblieben 428 Personen in der Stichprobe, die alle in flexiblen Arbeitszeiten beschäftigt waren. Die Arbeitszeiten der Befragten wurden für die Spektralanalyse mit einer Auflösung von einer Viertelstunde so umcodiert (1 = Arbeitszeit, 0 = keine Arbeitszeit), dass eine Zeitserie mit 2688 Messzeitpunkten (24 Std. * 4 Viertelstd. * 7 Tage * 4 Wochen) entstand. Die untersuchten sozialen Beeinträchtigungen können Tabelle 1 entnommen werden.

In der zweiten Studie wurde die Nutzbarkeit von Zeit untersucht. 250 Personen haben dazu eingeschätzt, wie wertvoll ihnen die einzelnen Stunden eines Tages sind (Hinnenberg et al. 2007). Dabei ergibt sich ein Rhythmus der Nutzbarkeit von Zeit, der als Operationalisierung des sozialen Rhythmus verwendet wurde und der unsere Gesellschaft immer noch als eine Abend- und Wochenendgesellschaft beschreibt.

Die Arbeitszeitreihen und der Verlauf der Nutzbarkeit der Zeit wurden spektralanalytisch auf Tages- und Wochenrhythmen untersucht und die jeweilige Phasenverschiebung zwischen den Tages- und Wochenrhythmen ermittelt.

Die in der Untersuchung von Janßen & Nachreiner (2004) berichteten Beeinträchtigungen im sozialen Bereich wurden (u.a. als Faktor „Soziale Beschwerden“ aus einer Maximum Likelihood Faktorenanalyse) mit Hilfe von Korrelations-, Varianz- sowie multipler Regressionsanalysen auf einen Zusammenhang mit den spektralanalytischen Komponenten hin untersucht. Als spektralanalytische Parameter dienten die Periodenstärke der 24- und 168-Stunden-Komponenten in der Arbeitszeit (Notation P24 und P168) sowie deren Phasenverschiebung mit denselben Perioden der nutzbaren Freizeit (Notation ϕ_{24} und ϕ_{168}); diese wurden als unabhängige Variablen verwendet.

Besitzt ein Rhythmus eine große Periodenstärke, so deutet dies auf eine hohe Relevanz des entsprechenden Rhythmus für die Beschreibung der Arbeitszeit hin. Die Phasenverschiebung hingegen ist so zu veranschaulichen, dass geringe Werte einen gleichen Verlauf von Arbeit und nutzbarer Freizeit bedeuten, was für eine hohe Interferenz zwischen diesen beiden Rhythmen spricht.

3. Ergebnisse

Aus Platzgründen werden im Folgenden nur Ergebnisse für Arbeitszeiten zwischen 31,25 und 41,25 Std. / Woche dargestellt, da diese den Vollzeitbereich abbilden und damit als besonders relevant erachtet werden können.

Die Korrelation der spektralen Parameter P168 und P24 sowie ϕ_{168} und ϕ_{24} mit den sozialen Beeinträchtigungen ergab durchweg negative Zusammenhänge (siehe Tab. 1). Eine gering ausgeprägte Periodizität der Arbeitszeiten (P168 und P24) sowie eine niedrige Phasenverschiebung (ϕ_{168} und ϕ_{24}), die auf eine hohe Interferenz zwischen Arbeit und nutzbarer Zeit hindeutet, stehen damit im Zusammenhang mit erhöhten sozialen Beeinträchtigungen.

Tabelle 1: Soziale Beschwerden in Abhängigkeit von spektralen Komponenten der Arbeitszeit (Es bedeutet: * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$)

Berichtete Beschwerden	Periode in Std.		Phasenverschiebung zur Freizeit	
	P168	P24	$\phi 168$	$\phi 24$
Glauben Sie, dass Ihre Arbeitszeitregelung sich positiv oder negativ auf Ihre Freizeit auswirkt?	-,403(**)	-,388(**)	-,313(**)	-,487(**)
Lassen Ihnen Ihre Berufstätigkeit und Ihre häuslichen Verpflichtungen noch ausreichend Zeit für andere Aktivitäten, z.B. ein Hobby?	-,379(**)	-,190(*)	-0,136	-,262(**)
Ist Ihre Zeit ausreichend für Ihr Hobby?	-,368(**)	-,198(*)	-0,077	-,209(*)
Wie häufig kommt es vor, dass Sie sich in Ihrer Freizeit zuviel vorgenommen haben und Sie deshalb unter Zeitdruck kommen?	0,143	0,136	0,068	0,173
Haben Sie Probleme damit, Arbeitszeit und Freizeit miteinander zu vereinbaren?	-,183(*)	-,198(*)	-0,096	-,200(*)
Müssen Sie gelegentlich geplante Freizeitermine absagen, weil Ihnen wichtige Arbeitstermine dazwischen kommen?	-,203(*)	-,321(**)	-0,087	-,243(**)
Hat sich Ihr Freundeskreis in der letzten Zeit verringert?	-0,101	-0,046	-,301(**)	-,296(**)
Können Sie, so wie sie das möchten, am gesellschaftlichen Leben Anteil nehmen?	-,224(*)	-,208(*)	-0,058	-,178(*)
Glauben Sie, dass Ihr/e Partner/in unter den Belastungen, die Ihre Arbeitszeit mit sich bringt, zu leiden hat?	,358(**)	,386(**)	,371(**)	,408(**)
Kommt es deswegen mit ihm / ihr schon mal zu Reibereien?	,259(*)	,320(**)	,429(**)	,334(**)
Mittelwert der Korrelationen	-,265	-,245	-,200	-,285

Eine Untersuchung der Zusammenhänge zwischen sozialen Beschwerden und den spektralen Parametern im multivariaten Modell zeigte, dass soziale Beschwerden (hier als Faktorwert, für weitere Details vgl. Wirtz 2007) von der Periodenstärke der 168-Std.-Komponente der Arbeitszeit ($\beta = -0,278$) und der Interaktion "P24 * $\phi 24$ " ($\beta = -0,247$) abhängen ($p < 0,05$, $r^2 = 0,21$). Diese Interaktion zwischen der Stärke des Tagesrhythmus und der Phasenverschiebung $\phi 24$ wird in Abbildung 1 veranschaulicht.

Die Interaktion von P24 und $\phi 24$ bedeutet, dass für geringe soziale Beeinträchtigungen nicht nur ein deutlicher Tagesrhythmus in der Arbeitszeit ausschlaggebend ist, sondern dass auch dessen Phasenlage zum sozialen Rhythmus eine wesentliche Rolle spielt. Ist der Tagesrhythmus dagegen nicht stark ausgeprägt (P24-), so besitzt die Lage der Arbeitszeit eine geringere Bedeutung im Hinblick auf soziale Beeinträchtigungen (siehe Abb. 1). Nach den vorliegenden Ergebnissen kann vermutet werden, dass $\phi 24 = 6$ Std. eine kritische Schwelle ist, unterhalb derer mit erhöhten sozialen Beeinträchtigungen gerechnet werden muss.

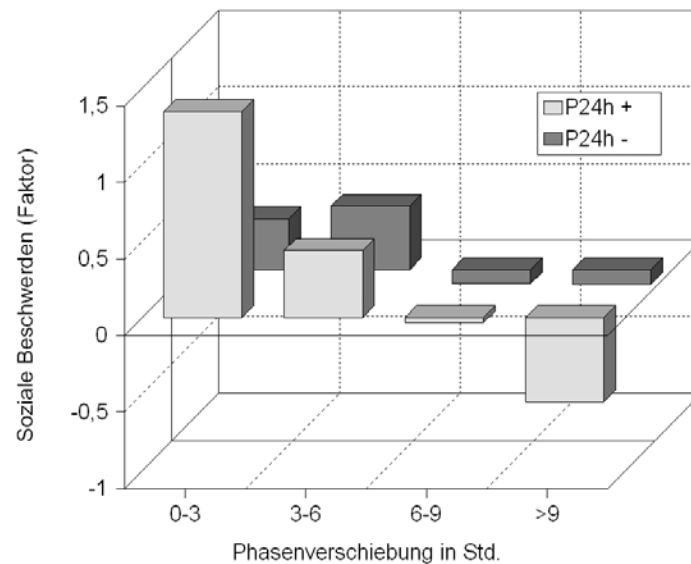


Abbildung 1: Soziale Beschwerden in Abhängigkeit von der Ausprägung der Tagesrhythmik (P24) und ihrer Verschiebung gegen den sozialen Rhythmus ($\phi 24$)

4. Diskussion und Schlussfolgerung

Die Methode der Spektralanalyse erscheint als ein viel versprechender Ansatz zur Untersuchung der Periodizität von Arbeitszeiten, deren Interferenz mit sozialen Rhythmen sowie zur Vorhersage von sozialen Beeinträchtigungen. Weitergehend sollte ermittelt werden, ob die bisher verwendeten spektralen Parameter um weitere ergänzt werden sollten (ggf. auch durch multivariate Analysen), um (flexible) Arbeitszeitsysteme zu beschreiben und ihr Risikopotential für soziale Beeinträchtigungen abzuschätzen.

5. Literatur

1. Costa, G., Akerstedt, T., Nachreiner, F., Baltieri, F., Carvalhais, J., Folkard, S., Frings-Dresen, M., Gadbois, C., Gärtner, J., Grzech-Sukalo, H., Härmä, M., Kandolin, I., Sartori, S. & Silvério, J. 2004, Flexible Working Hours, Health, and Well-Being in Europe: Some Considerations from a SALTSA Project, *Chronobiology International*, 21, 831 - 844.
2. Giebel, O., Janßen, D., Schomann, C. & Nachreiner, F. 2004, A new approach for evaluating flexible working hours, *Chronobiology International*, 21, 1015-1024.
3. Janßen, D. & Nachreiner, F. 2004, Flexible Arbeitszeiten, Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Fb 1025. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW, Verlag für neue Wissenschaft.
4. Hinnenberg, S., Horn, D. & Nachreiner, F. 2007, Nutzbarkeit von Zeit im Wandel. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg.), *Kompetenzentwicklung in realen und virtuellen Arbeitssystemen*. Dortmund: GfA-Press, 643-646.
5. Wirtz, A. 2007, Die Interferenz von flexiblen Arbeitszeiten und nutzbarer Freizeit zur Prädiktion sozialer Beeinträchtigungen, unveröffentlichte Diplomarbeit. Oldenburg: Carl von Ossietzky Universität.

Die Effekte langer Arbeitszeiten auf Gesundheit und Wohlbefinden – Ergebnisse einer Kreuzvalidierungsstudie

Isabell RÜTERS¹, Friedhelm NACHREINER¹, Daniela HORN¹, Ole GIEBEL¹,
Carsten SCHOMANN¹ und Anna WIRTZ^{1/2}

¹ GAWO e.V., Achterdiek 50, D-26131 Oldenburg

² Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Friedrich-Henkel-Weg 1-25,
D-44149 Dortmund;

Kurzfassung: Die Ergebnisse der durchgeführten Sekundäranalysen eines weiteren Datensatzes zu Fragen der Effekte längerer Arbeitszeiten bestätigen die Ergebnisse der früheren Analyse strukturell wie quantitativ. Mit zunehmender Dauer der Arbeitszeit ist mit einer Zunahme insbesondere psychovegetativer und sozialer Beeinträchtigungen zu rechnen.

Schlüsselwörter: Beeinträchtigungen, lange Arbeitszeiten, Arbeitszeit.

1. Einleitung

Eine vorausgegangene Studie auf der Basis der Daten der dritten europäischen Umfrage über die Arbeitsbedingungen 2000 (Merillie & Paoli 2002) zu den Arbeits- und Lebensbedingungen hat gezeigt, dass es einen bedeutenden Zusammenhang zwischen der Anzahl der Arbeitsstunden pro Woche und berichteten körperlichen und sozialen Beeinträchtigungen gibt (Nachreiner et al. 2005; Raediker et al. 2006). Da diese Ergebnisse auf der Analyse lediglich eines, wenn auch umfangreichen, Datensatzes beruhen, stellt sich die Frage ihrer Validität und Generalisierbarkeit. Konkret war zu fragen, ob sich strukturell und quantitativ vergleichbare Ergebnisse auch anhand anderer Datensätze demonstrieren lassen. Nachdem in Deutschland eine vergleichbare Fragebogenstudie durchgeführt wurde (Fuchs 2006), existiert ein Datensatz, der zur Überprüfung der Stabilität der Ergebnisse herangezogen werden kann.

2. Methode

Zur Beantwortung der Fragestellung wurde eine Sekundäranalyse dieses Datensatzes mit ca. 5000 Teilnehmern, die an einer repräsentativen Umfrage in ganz Deutschland teilgenommen hatten, durchgeführt. Aus Gründen der Vergleichbarkeit mit den vorausgehenden Untersuchungen wurden auch hier nur die Daten der abhängig Beschäftigten (n=3.996) in die Analysen aufgenommen. Die Fragebogenstudie hatte zum Ziel Informationen im Kontext des Themas „Was ist Gute Arbeit“ aus der Sicht der Betroffenen zu sammeln. Unter anderem wurden dazu Fragen nach dem Arbeitszeitsystem, der Schwere der Arbeit, den Arbeitsbedingungen und bestimmten Vorlieben abgefragt (zu Details vgl. Fuchs 2006). Die Beziehungen zwischen der Dauer der Arbeitszeit (unabhängige Variable) und den berichteten körperlichen und psychischen Beeinträchtigungen (als abhängigen Variablen, z.t. faktorenanalytisch reduziert auf musculo-skeletale und psychovegetative Beschwerden) wur-

den uni- und multivariat, varianz- und regressionsanalytisch analysiert. Zur Kontrolle potentiell moderierender Effekte wurden Art und Intensität der Belastung sowie einige weitere Variablen herangezogen.

Die Validierung der Ergebnisse mit den Ergebnissen von Nachreiner et al. (2005) sowie Raediker et al. (2006) erfolgte über den Vergleich der Regressionskoeffizienten anhand gruppierter Werte.

3. Ergebnisse

Abbildung 1 zeigt den Verlauf der berichteten psycho-vegetativen und musculo-skeletalen Beeinträchtigungen als Faktorwerte über die Dauer der Wochenarbeitszeit für die Befragten der Studie „Gute Arbeit“. Deutlich wird damit auch hier, wie schon in den früheren Untersuchungen, ein klarer Zusammenhang zwischen der Dauer der Arbeitszeit und den berichteten Beeinträchtigungen. Auch in dieser (rein deutschen) Stichprobe ist damit eine Zunahme des Risikos musculo-skeletaler und insbesondere psycho-vegetativer Beeinträchtigungen mit zunehmender Arbeitszeit verbunden. Damit ist der Grundbefund der bisherigen Untersuchungen bestätigt und kann nicht mehr als Einzelbefund abgetan werden. Längere Arbeitszeiten führen offensichtlich zu höheren Beeinträchtigungsrisiken, und zwar über den gesamten analysierten Bereich von Teilzeitarbeit bis zu überlangen Arbeitszeiten.

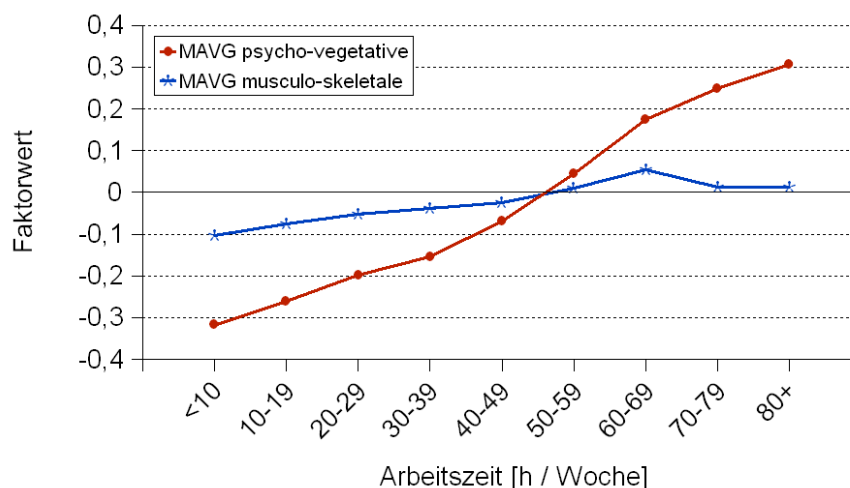


Abbildung 1: Psycho-vegetative und musculo-skeletale Beschwerden (Faktorwerte) in Abhängigkeit von der Dauer der Arbeitszeit

Neben der strukturellen Kompatibilität der Ergebnisse in der Gesamtstichprobe lassen sich auch für die Aufgliederung in unterschiedliche Subpopulationen immer wieder dieselben Verläufe beobachten, ähnlich wie bei Rädiker (2005) oder Nachreiner et al. (2005), die hier aus Platzgründen nicht wiedergegeben werden können (wir verweisen dazu auf die Arbeit von Rüters (2008)). Auch hier ließen sich darüber moderierende Variablen, wie die Art und Höhe der Belastung ausmachen, und auch hier gibt es sowohl additive (z.B. mit Schichtarbeit) wie interaktive (z.B. mit dem Alter) Effekte mit der Dauer der Arbeitszeit, auf die hier ebenfalls nicht eingegangen werden kann.

Interessant ist nun jedoch, ob die hier zu beobachtende Zunahme der Beeinträchtigungen mit zunehmender Arbeitszeit auch quantitativ mit den Ergebnissen von Rädiker (2005) vergleichbar ist, also nicht nur strukturelle, sondern auch quantitative

Ähnlichkeit der Beziehungen gegeben ist. Zu diesem Zweck wurden die Regressionskoeffizienten eines als linear unterstellten Trends aus dieser Stichprobe mit den Regressionskoeffizienten der Gesamtstichprobe (also abhängig Beschäftigte in der gesamten (damaligen) EU) sowie mit der deutschen Substichprobe bei Rädiker (2005) verglichen. Die Abbildungen 2 und 3 zeigen den Vergleich der Regressionsgeraden für die psychovegetativen Beschwerden dieser Stichprobe mit denen der europäischen Gesamtstichprobe abhängig Beschäftigter (n= ca. 16.000) sowie der deutschen Substichprobe (n= ca. 1000).

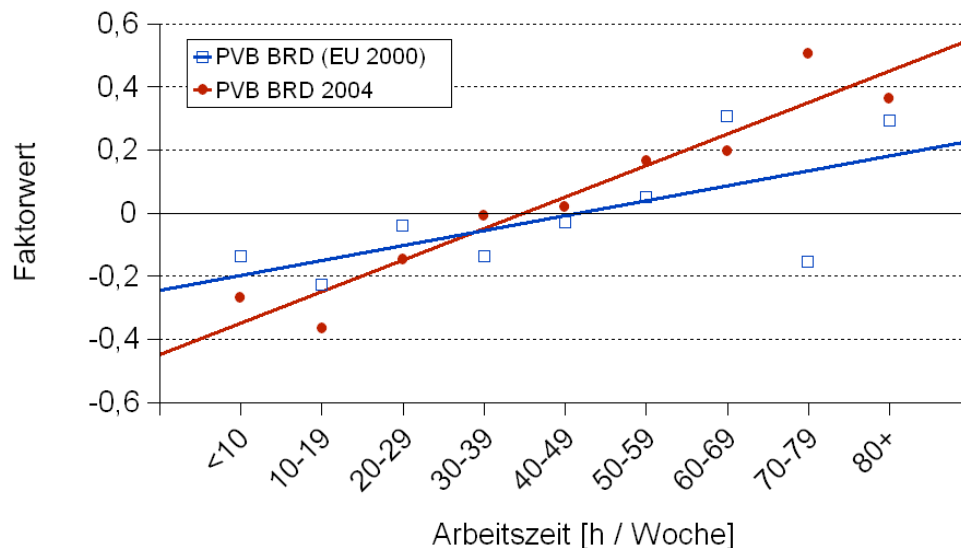


Abbildung 2: Psycho-vegetative Beschwerden (Faktorwerte) in Abhängigkeit von der Dauer der Arbeitszeit, Vergleich der Regressionsgeraden der aktuellen (BRD 2004) mit der deutschen Substichprobe der EU-Umfrage aus dem Jahr 2000

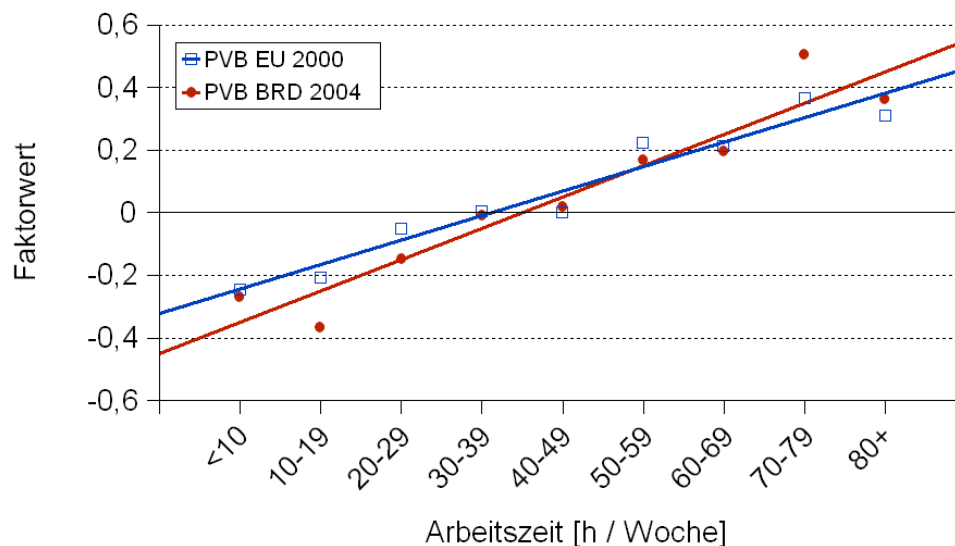


Abbildung 3: Psycho-vegetative Beschwerden (Faktorwerte) in Abhängigkeit von der Dauer der Arbeitszeit, Vergleich der Regressionsgeraden der aktuellen (BRD 2004) mit der Stichprobe der EU-Umfrage aus dem Jahr 2000

Wie aus beiden Abbildungen unschwer zu erkennen ist, verlaufen die Regressionsgeraden ausgesprochen ähnlich, sowohl bei der deutschen Substichprobe der EU-Umfrage, die im Prinzip auf die gleiche Grundgesamtheit abzielt, wie bei der ge-

samteuropäischen Stichprobe, für die die Regressionsgeraden noch enger beieinander liegen.

Die statistische Prüfung des Unterschieds der Regressionskoeffizienten (anhand der Regressionen über die Gruppenmittelwerte) ergab, dass sich die Regressionskoeffizienten nicht statistisch signifikant voneinander unterscheiden. Alle Regressionsgeraden weisen damit eine vergleichbare Steigung auf, was bedeutet, dass nicht nur eine strukturelle sondern auch eine quantitative Vergleichbarkeit beider Untersuchungen gegeben ist.

Auch für die hier nicht dargestellten Zusammenhänge der Dauer der Arbeitszeit zu den musculo-skeletalen Beschwerden ließen sich vergleichbare Ergebnisse feststellen. Auch hier zeigen sich vergleichbare Regressionsgeraden mit statistisch nicht zu unterscheidenden Regressionskoeffizienten, auch wenn die Regressionsgeraden insgesamt weniger steil verlaufen (vgl. Abb. 1); aber auch dies ist konsistent und beruht auf hier nicht darstellbaren konkreten Randbedingungen.

4. Diskussion und Schlussfolgerung

Trotz unterschiedlicher Befragungsinstrumente mit unterschiedlicher Operationalisierung der interessierenden Variablen, unterschiedlicher Stichprobe und unterschiedlichem Befragungszeitpunkt kommen beide Untersuchungen zu nicht nur strukturell sondern auch quantitativ gut übereinstimmenden Ergebnissen: beide Studien können daher als gegenseitige Kreuzvalidierung des untersuchten Zusammenhangs betrachtet werden. Im Prinzip sind damit hervorragende Bedingungen für eine hohe externe Validität der Ergebnisse gegeben.

Auf der Basis dieser in sich konsistenten Ergebnisse kann die Feststellung, dass längere Arbeitszeiten mit einer deutlichen Erhöhung des Beeinträchtigungsrisikos verbunden sind, als gesichert und generalisierbar betrachtet werden.

Dies sollte bei den aktuellen Diskussionen um die Verlängerung der Arbeitszeiten nicht unberücksichtigt bleiben, um die Effekte derartiger Veränderungen auch auf andere als wirtschaftliche Kriterien zu berücksichtigen, die selbst aber wieder wirtschaftliche Konsequenzen nach sich ziehen.

5. Literatur

1. Fuchs, T. 2006, Was ist Gute Arbeit? Anforderungen aus der Sicht von Erwerbstätigen. Dortmund: BauA.
2. Merillié, D. & Paoli, P. 2002, Dritte europäische Umfrage über die Arbeitsbedingungen 2000. Luxemburg: Amt für amtliche Veröffentlichungen der Europäischen Gemeinschaft.
3. Nachreiner, F., Rädiker, B., Janßen, D. & Schomann, C. 2005, Untersuchungen zum Zusammenhang zwischen der Dauer der Arbeitszeit und gesundheitlichen Beeinträchtigungen, Ergebnisse einer Machbarkeitsstudie, Abschlußbericht an die Hans-Böckler –Stiftung. Oldenburg: GAWO (abrufbar unter: http://www.gawo-ev.de/Material/HBS_LAZ_Farbe.pdf).
4. Rädiker, B. 2005, Arbeitszeit und Gesundheit. Zu gesundheitlichen Effekten längerer Arbeitszeiten, unveröffentlichte Diplomarbeit. Oldenburg: Carl von Ossietzky Universität.
5. Raediker, B., Janßen, D., Schomann, C. & Nachreiner, F. 2006, Extended working hours and health, *Chronobiology International*, 23, 1305-1316.
6. Rütters, I. 2008, Gesundheitliche und soziale Auswirkungen langer Arbeitszeiten. Ergebnisse einer sekundäranalytischen Kreuzvalidierung anhand unterschiedlicher Datensätze, unveröffentlichte Diplomarbeit. Oldenburg: Carl von Ossietzky Universität.

SizeGERMANY – die neue Deutsche Reihenmessung – Konzeption, Durchführung und erste Ergebnisse

Andreas SEIDL, Rainer TRIEB und Hans Joachim WIRSCHING

*Human Solutions GmbH,
Europaallee 10, D-67657 Kaiserslautern*

Kurzfassung: SizeGERMANY ist die neue repräsentative, anthropometrische Reihenmessung an 12.000 Frauen, Männern und Kindern in Deutschland. Durch die ausschließliche Nutzung von 3D-Bodyscannern werden an ca. 30 Standorten mehr als 80 Körpermaße und vollständige dreidimensionale Körperformdaten erhoben.

Ziel der Reihenmessung ist die Feststellung der zeitbedingten Veränderungen der Maße und Proportionen des weiblichen, männlichen und kindlichen Körpers. Daraus werden für die Fahrzeugindustrie und die Bekleidungsindustrie aktualisierte Körpermaßstatistiken, Bekleidungsgrößentabellen und Marktanteilstabellen errechnet. Die Ergebnisse werden auch die Grundlage einer neuen Akzelerationsprognose bis 2040 sein sowie Eingang in die Europäische Konfektionsgrößenharmonisierung finden. Das Projekt wird von Human Solutions und dem Forschungsinstitut Hohenstein eigenverantwortlich durchgeführt. An dem Projekt haben sich 90 Firmen aus der Bekleidungsindustrie und 5 Automobilhersteller beteiligt. Die Auswertung der Daten wird voraussichtlich bis 31.12.2008 abgeschlossen sein.

Schlüsselwörter: Anthropometrie, Reihenmessung, Bodyscanner, SizeGERMANY.

1. Einleitung

Reihenvermessungen und anthropometrische Untersuchungen blicken auf eine lange Historie zurück. Bereits im 19. Jahrhundert wurden mit der Etablierung von Berufsschulen des Bekleidungshandwerks erste Untersuchungen durchgeführt. Seit den zwanziger Jahren des zwanzigsten Jahrhunderts hat sich die Messung des menschlichen Körpers mit Hilfe von definierten Messpunkten und Messstrecken durchgesetzt, die das Knochenskelett als Referenz benutzen (Martin 1914). In den sechziger und siebziger Jahre des vorigen Jahrhunderts erlebte die Anthropometrie eine „Blütezeit“ – weltweit wurde eine Vielzahl von Reihenuntersuchungen durchgeführt. Dabei haben deutsche Forschungsinstitute in der Entwicklung der Messmethodik, bei der statistischen Auswertung, der Auswahl der Versuchspersonen und in der Auswertung der Messergebnisse eine international führende Rolle eingenommen (Jürgens 1992). Die letzten repräsentativen Reihenmessungen wurden in Deutschland 1992/94 an Damen durchgeführt (GermanFashion 1994), eine für Gesamtdeutschland (Ost und West) gültige Reihenmessung existiert nicht. Ebenso fand bisher keine konsistente und repräsentative Reihenmessung von Kindern statt.

In einigen anderen europäischen Ländern fanden in den letzten Jahren wieder umfangreiche Reihenmessungen statt: in Großbritannien wurden 1999/2000 11.000 Männer und Frauen gemessen, wobei sich dort zeigte, dass es erhebliche Abweichungen der Körpermaße gegenüber den Messungen aus den sechziger und siebziger

ger Jahren gegeben hat. Ähnliche Erfahrungen hat man in Frankreich gemacht, wo zwischen 2003 und 2005 11.562 Männer, Frauen und Kinder gemessen wurden. In Schweden wurden 2004/2005 4.000 Männer, Frauen und Kinder gemessen. 2007 wurden in Spanien und China ebenfalls neue Reihenmessungen gestartet. Alle diese Reihenmessungen wurden mit Hilfe von 3D-Bodyscannern durchgeführt.

2. Zielsetzung von SizeGERMANY

Ziel des Projektes ist es, in Deutschland an mehr als 30 Standorten rund 12.000 Männer, Frauen und Kinder zu vermessen. Damit wird SizeGERMANY nicht nur die größte Reihenmessung in Gesamtdeutschland sein, sondern auch drei funktionale Neuerungen eingeführt, durch die sich SizeGERMANY von allen vorherigen Reihenmessungen in Deutschland unterscheidet:

- Die Vermessung wird mit 3D-Bodyscannern durchgeführt. Dadurch können nicht nur mehr Körpermaße generiert werden, es sind auch erstmals Körperformauswertungen möglich.
- Es ist die erste Reihenmessung in Deutschland, die die Anforderungen aus der Bekleidungsindustrie ebenso abdeckt wie die Anforderungen aus der Fahrzeugindustrie. Daher haben sich 95 Unternehmen aus diesen beiden Branchen an SizeGERMANY beteiligt.
- Die Ergebnisse werden nicht in Form von gedruckten Tabellen sondern durch ein interaktives Internetportal zur Verfügung gestellt.

Die Anforderungen der Technischen Ergonomie sind dabei wie folgt berücksichtigt:

- Erfassung von Maßen anlehnend an die ISO 7250 (Wesentliche Maße des menschlichen Körpers für die technische Gestaltung)
- Erstellung aktualisierter, altersgruppen-spezifischer Perzentilierung der Körpermaße.
- Erstellung einer aktualisierten RAMSIS-Typologie (Seidl 1997).
- Akzelerationsprognose bis 2040 auf Basis der Reihenvermessungsdaten.

Die Anforderungen der Bekleidungsbranche werden berücksichtigt, indem aus den Körpermaßen Größentabellen auf Basis der bestehenden Größensysteme in HAKA (Herrenbekleidung) und DOB (Damenoberbekleidung) erstellt werden. Darüber hinaus werden aktualisierte Marktanteilstabellen berechnet, und mit den derzeit gültigen DOB- und HAKA-Größensystemen verglichen (ISO 8559).

3. Durchführung von SizeGERMANY

Die Durchführung einer Reihenmessung erfordert - aufgrund der hohen Komplexität - eine präzise Planung. SizeGERMANY mit einer Laufzeit von 19 Monaten wird in 4 Schritten umgesetzt.

3.1 Planung und Repräsentativität der Reihenmessung

Primäre Anforderung an eine Reihenmessung ist deren Repräsentativität für die Gesamtpopulation. Bei den meisten manuell durchgeführten Reihenmessungen wurden z.B. 0,2 Promille der Bevölkerung repräsentativ anhand der Gemeinde-Statistik des Statistischen Bundesamtes ausgewählt und vermessen. Oder es wurden im

Rahmen von vergleichsweise wenigen Intensivmessungen Personen einer Zielgruppe (z.B. Soldaten) in die Messung einbezogen.

Bei SizeGERMANY kommt erstmals eine neue Vorgehensweise zur Anwendung, bei der während der Vermessung ständig der aktuelle Datenbestand mit dem statistisch notwendigen Umfang abgeglichen wird. Bei dieser dynamischen Probandenkontrolle wird jede Testperson hinsichtlich ihres Geschlechts, Alters und der regionalen Verteilung klassifiziert. Die Anzahl von Testpersonen pro Klasse werden mit den aktuellen Daten des statistischen Bundesamtes abgeglichen. Bei Abweichungen werden selektiv nur mehr jene Testpersonen vermessen, die in den Klassen fehlen.

Auf Grund von Genauigkeitsanforderungen der industriellen Partner wurde eine Festlegung auf 18 Altersgruppen gemacht. Die erste Gruppe beginnt bei 6 Jahren, die letzte Altersgruppe endet mit einer nach oben offenen Gruppe (65+). Für eine exakte regionale Verteilung wurden rund 30 Standorte in 4 Hauptregionen ausgewählt, an denen gerade die Vermessungen durchgeführt werden.

3.2 Festlegung der Körperhaltungen und Körpermaße

Die Auswahl der Körpermaße orientiert sich an etablierten Normen und Definitionen zur Maßefassung aus bereits national und international durchgeführten 3D-Vermessungen und in europäischen Projekten definierten Standards. Dazu zählen die ISO 8559 für die Bekleidungsindustrie sowie die ISO 7250 für die Technische Ergonomie.

Daraus leiten sich 4 Haltungen ab, drei Stehhaltungen und eine sitzende Haltung. An den vier Haltungen werden für die technische Ergonomie 52 Körpermaße und für die Bekleidungsindustrie 43 Körpermaße extrahiert. Zusätzlich wird elektronisch während des Scansvorgangs das Gewicht bestimmt und mit Hilfe eines elektronischen Fragebogens mehr als 100 soziodemografische Fragen gestellt.

3.3 Die Vermessung mittels 3D-Bodyscanner

Bei SizeGERMANY kommen 3D-Bodyscanner auf Basis von Lasertriangulation zum Einsatz. Diese Scanner sind die ersten weltweit, die eine ISO 20685 (ISO 2006) kompatible Datenerfassung und –auswertung garantieren.

Jede Versuchsperson wird während des gesamten Vermessungsprozesses von einem Spezialisten betreut. Die Versuchsperson wird mit standardisierter Messbekleidung in 4 unterschiedlichen Körperhaltungen berührungslos gescannt. Der Gesamtzeitaufwand beträgt zwischen 20 und 30 Minuten pro Testperson.

Die Scans werden nach jedem Messtag vollautomatisch über Internet auf das Auswertportal übertragen. In einem weiteren Qualitätssicherungsprozess werden Vollständigkeit, Scannerqualität sowie Systemkalibrierung überprüft. Anschließend startet der automatische Auswertprozess. Die Erstauswertung der Körpermaße erfolgt automatisch per Software, in zwei weiteren Prozessschritten wird die korrekte Lage der Referenzpunkte und der Maßbänder von Spezialisten computergestützt geprüft. Jede Veränderung der Maße wird in der Datenbank gespeichert.

3.4 Die statistische Auswertung

Nachdem die Maße der Probanden vollständig ausgewertet sind, folgt die statistische Auswertung. Für jedes Körpermaß werden die statistischen Kennwerte berechnet. Ebenso werden Kundengruppenbeziehungen sowie der soziodemographische

Fragebogen statistisch analysiert. Zusätzlich werden die marktspezifischen Auswertungen für die Bekleidungsindustrie (neues Konfektionsgrößensystem und Marktanteiltabellen für Damen, Herren und Kinder) berechnet.

4. Verfügbarkeit und Veröffentlichung der Ergebnisse

Basierend auf den Erfahrungen aus vorangegangenen Reihenmessungen kann eine umfassende Nutzung der Ergebnisse nur unzureichend durch gedruckte Tabellen sichergestellt werden. Häufig werden vom Anwender spezielle Auswertungen und Analysen (z.B. für ein bestimmtes Produkt oder eine spezielle Zielgruppe) benötigt. Diese Informationen können jedoch nicht in einem einzigen, allumfassenden Dokument bereitgestellt werden.

Andererseits sind die Anwender mit der Bereitstellung der Rohdaten und der selbständigen Durchführung von Analysen überfordert, da eventuell entsprechende Werkzeuge und das entsprechende Wissen nicht im Unternehmen vorhanden sind.

SizeGERMANY veröffentlicht die Ergebnisse voraussichtlich ab Anfang 2009 ausschließlich über ein neu entwickeltes Internet-Portal. Über dieses können die beteiligten Unternehmen einerseits auf die standardisierten Auswertungen zugreifen und andererseits firmenspezifische Auswertungen (z.B. frei definierbare Altersgruppen, Mischung von regionalen Bereichen ...) auf Basis der Datenbank online durchführen.

5. Literatur

1. DIN EN ISO 7250: 1997-10, Wesentliche Maße des menschlichen Körpers für die technische Gestaltung (ISO 7250:1996); Deutsche Fassung EN ISO 7250:1997. Beuth: Berlin.
2. ISO 8559: 1989-07, Bekleidungskonstruktion und anthropometrische Untersuchungen; Körpermaße. Beuth: Berlin.
3. ISO 20685: 2006, 3D scanning methodologies for internationally compatible anthropometric databases.
4. ISO 7250, Ausgabe: 1996-07, Wesentliche Maße des menschlichen Körpers für die technische Gestaltung. Berlin: Beuth.
5. Seidl, A. 1997, Computer-Menschmodelle in der Ergonomie. In: H. Schmidtke (Hrsg.), Handbuch der Ergonomie. München: Hanser.
6. Seidl, A. & Bubb, H. 2006, Standards in Anthropometry. In: W. Karwowski (Edt.), Handbook of Standards and Guidelines in Ergonomics and Human Factors. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
7. GermanFashion Modeverband Deutschland e.V. (Hrsg.) 1994, DOB-Größentabellen, Körpermaßtabellen, Marktanteiltabellen und Konstruktionsmaße für Damenoberbekleidung (basierend auf Ergebnissen der Reihenmessung 1993/94), Dezember 1994.
8. Jürgens, H.W. 1992, Anthropometrie In: H. Schmidtke (Hrsg.), Handbuch der Ergonomie. München: Hanser.
9. Martin, R. 1914, Lehrbuch der Anthropologie. Jena: Verlag Gustav Fischer.

Anthropometrische Reihenmessungen mit Bodyscanning im Vergleich mit der klassischen manuellen Vermessung - eine Stärken- und Schwächenanalyse

Hans-Joachim WIRSCHING, Andreas SEIDL und Rainer TRIEB

*Human Solutions GmbH,
Europaallee 10, D-67657 Kaiserslautern*

Kurzfassung: Ein wesentliches Element der Anthropometrie ist seit jeher die klassische manuelle Vermessung von Körpermaßen. In den letzten Jahren jedoch wurden zunehmend berührungslose Scanningverfahren in großen Reihenmessungen herangezogen. Unter diesem Aspekt werden die unterschiedlichen Ansätze der Datenerhebung und der Maßdefinitionen in Bezug auf die ISO 7250 beleuchtet. Es wird der Grundgedanke der ISO 20685 diskutiert und die Konsequenzen für Reihenmessungen analysiert. Eine Betrachtung und Bewertung der Machbarkeit ihrer Umsetzungsvorschriften wird an Beispielen bereits durchgeführter Reihenmessungen diskutiert. Ebenso werden die Konsequenzen auf die ISO 15537 (Auswahl von Testpersonen) und die ISO 15535 (Anthropometrische Datenbanken) besprochen. Darüber hinaus wird auf die Veränderung des gesamten Messprozesses und die unterschiedlichen Genauigkeiten der Messergebnisse aus der klassischen manuellen Vermessung und den Scanningverfahren eingegangen.

Schlüsselwörter: Anthropometrie, Messung, Bodyscanner, ISO.

1. Einleitung

Seit rund 10 Jahren befindet sich die klassische Anthropometrie weltweit in einem tiefgreifenden Wandel. Während in den 90er Jahren die klassische eindimensionale Statistik der Körpermaßdaten um Korrelationsbetrachtungen und Borderline-Auswertungen erweitert wurde, befindet sich auch die Erhebung der Daten bzw. die Vermessung der Menschen im Umbruch.

Maßgeblichen Einfluss darauf hatte die rasante Entwicklung von Bodyscanning. Diese Technologie erlaubt die schnelle und berührungslose Abtastung des Menschen. Während diese Technologie die Körperoberfläche exakt vermisst, ist sie nicht in der Lage, subkutane Skelettmerkmale exakt aufzuspüren. Diese spielen aber bei der klassischen Anthropometrie (Martin 1914; Jürgens et al. 1988) eine wichtige Rolle. Aus diesem Grund wurde im Jahre 2006 die neue ISO 20685 verabschiedet, die eine „Brücke“ zwischen diesen beiden Welten baut (ISO 20685).

2. Anforderungen

2.1 Maßdefinitionen

Die wichtigsten Körpermaße für repräsentative anthropometrische Studien sind in der Norm ISO 7250 definiert. Diese Norm dient als Grundlage für den Vergleich von Bevölkerungsgruppen. Die Autoren betonen den empfehlenden Charakter der Norm für Studien und Erhebungen, daher soll die Körpermaßliste nicht verpflichtend sein und die Definitionen als Anweisungen dienen.

Die ISO 7250 ist heute eine der wichtigsten Normen, da sie eine internationale Harmonisierung der zu erhebenden Körpermaße einführt. 55 Körpermaße werden auf Basis von Haltungsvorschriften definiert. Darüber hinaus werden die entsprechenden manuellen Messungsmethoden und –werkzeuge empfohlen, sowie allgemeine Voraussetzungen wie z.B. Kleidung, Unterstützungen und Symmetrie beschrieben.

Wegen Aufbau und Zielsetzung ist die ISO 7250 unmittelbar mit der klassischen manuellen Vermessung von Körpermaßen verknüpft.

2.2 Berührungslose Vermessung

3D Bodyscanner Systeme digitalisieren die Oberfläche des Menschen in wenigen Sekunden. Hierzu werden Muster durch Projektionseinheiten oder Laser auf die Oberfläche projiziert. CCD Kameras nehmen die Verformungen des Musters auf, woraus 3-dimensionale Oberflächendaten berechnet werden. Schließlich wird hieraus eine 3-dimensionale Punktwolke erzeugt, die die menschliche Hautoberfläche repräsentiert. Mit speziellen Auswertungsprogrammen werden an dieser digitalisierten Haut Körpermaße bestimmt (Seidl et al. 2006).

Da 3D Bodyscanner Systeme erstmalig genaue und reproduzierbare Oberflächen- und Haltungsdaten bei kleinem zeitlichem Aufwand liefern, spielen sie in der Gegenwart eine immer wichtigere Rolle bei der Erhebung von anthropometrischen Daten. Diese Entwicklung wirft die wichtige Frage nach der Kompatibilität mit den herkömmlichen manuellen Vermessungstechniken auf, da Studien auch weiterhin unabhängig der zugrundeliegenden Methodik vergleichbar sein sollen.

Dieser Thematik hat sich die Norm ISO 20685 angenommen. Ihr Ziel liegt in der Sicherstellung der Vergleichbarkeit von Körpermaßen aus der ISO 7250, die mit 3D Bodyscanner Technologien oder in der klassischen manuellen Weise vermessen werden. Ausgehend hiervon soll die Eignung für internationale Datenbanken im Sinne der ISO 15535 gewährleistet werden. Eine weitere Konsequenz ist die Verwendbarkeit der digital gewonnen Maße zur Prüfung anthropometrischer Aspekte im Sinne der ISO 15537.

Die ISO 20685 beschreibt im Detail die technischen Eigenschaften der Hard- und Software, die Bekleidung der Personen und Methoden zur Reduktion von Fehlern. Weiterhin werden passende Messhaltungen vorgeschlagen (3 stehende und eine sitzende Haltung), da nicht alle ISO 7250 Messhaltungen in Scannersystemen aus Raum- und Aufwandsgründen berücksichtigt werden können. Abschließend wird ein Validierungsszenario zum Abgleich der digitalen mit manuellen Daten beschrieben.

3. Umsetzung

3.1 Konsequenzen

Die Anwendung der ISO 20685 hat verschiedene Auswirkungen auf den Prozess der digitalen Körpermaßvermessung.

Es werden nur die ISO 7250 Maße berücksichtigt, die mit dem vorliegenden Scanner-System sinnvoll erhoben werden können. Hierbei werden Maße individuell Kopf-, Hand-, Fuß- und Ganzkörper-Scannern zugeordnet.

Die Messhaltungen werden in Anlehnung an die Vorgaben definiert. Hierbei gilt es einen vertretbaren Kompromiss zwischen der ISO 7250, den technischen Randbe-

dingungen des Scanner-Systems (z.B. Scan-Volumen) und des gesamten Prozessaufwandes zu finden.

Die erforderliche Sitzhaltung benötigt ein entsprechendes Unterstützungselement im Messaufbau. Dies sollte wenig Zeit zum Auf- und Abbau erfordern und den Scan-Raum nicht unnötig abschatten.

Bei den Probanden ist auf eine passende Messbekleidung zu achten. Dies kann durch Vorabinformationen kommuniziert oder durch entsprechende Kleidung am Messort erreicht werden. Gerade im Hinblick auf die Kopfbekleidung soll der Einfluss der Haare auf die Messung minimiert werden.

In der digitalisierten Oberfläche schwer zu erkennende anatomische Merkmale sollen vorab auf der Person durch Marker gekennzeichnet werden (Robinette et al. 2004). Die entsprechenden Markerpositionen werden von der Auswertungssoftware erfasst.

Die Software zur automatischen oder interaktiven Maßbestimmung muss Maßdefinitionen gemäß der ISO 7250 abbilden.

Nach Abschluss der Studie wird auf einem Test-Kollektiv die digital erhobenen Körpermaße anhand von manuellen Maßen validiert.

3.2 Beispiele

Seit der Jahrtausendwende sind Body Scanner vermehrt für große internationale anthropometrische Studien eingesetzt worden. In der CAESAR Studie (Blackwell et al. 2002) in den USA und Holland wurden manuelle und Scanning Methoden intensiv untersucht. 2000 wurde eine umfangreiche Studie in Großbritannien (SizeUK), 2004 in Schweden, 2005 in Frankreich (IFTH) und seit 2007 in Spanien und China durchgeführt.

Die in diesen Jahren entstehende ISO 20685 fand bei den älteren Reihenmessungen nicht vollständige Beachtung. So gab es zum Beispiel bei der Auswahl der Messhaltungen, der vermessenen Markern und der Maßdefinitionen Unterschiede zwischen den Reihenmessungen. Jede Untersuchung folgte somit ihrem eigenen Standard, der sich nach der jeweiligen Ausrichtung der Studie ergab. Daher sind die Studien auch nur auf der gemeinsamen Teilmenge vergleichbar.

Die in 2007 begonnene Reihenmessung in Deutschland (SizeGermany) lehnt sich konsequent bereits in der Projektspezifikation an die ISO 20685 an. Neben den technischen Ergonomiemaßen gemäß der ISO 7250 werden auch Bekleidungsmaße im Einklang mit der ISO 8559 berücksichtigt.

4. Vergleich mit klassischer Vermessung

Anthropometrische Vermessungen mit manuellen Messwerkzeugen und –methoden haben sich bewährt und legen Standards fest. Der wesentliche Vorteil dieser Methode ist die Bestimmung von charakteristischen Merkmalen am Skelett, die nur durch manuelle ertastet gefühlt und lokalisiert werden können.

Dagegen liegt der Nachteil in der geringen Genauigkeit und Reproduzierbarkeit. Kirchner (Kirchner 1990) zeigt inter-individuelle und intra-individuelle Messwertdifferenzen von bis zu 100 mm für Körperhöhe, Sitzhöhe und Spannweite in manuellen Messungen auf. Ein weiterer Nachteil liegt in dem großen Aufwand, Körperform- und Haltungsmessungen der weichen Körperteile durchzuführen. Die Ergebnisse hängen zum großen Teil vom Geschick und der Erfahrung der vermessenden Person und

von der Mitarbeit des vermessenen Probanden ab. Neben den erhobenen Maßen und wenigen soziodemographischen Daten werden keine weiteren Informationen dokumentiert, die später eine Rekonstruktion der Ergebnisse bzw. Ableitung weiterer Ergebnisse erlauben.

Der wesentliche Vorteil der Vermessung mit Bodyscannern ist neben der Einbindung in IT Logistiksysteme die strikte zeitliche Trennung zwischen Datenaufnahme und –auswertung. Die eigentliche Datenaufnahme erfordert nur wenige Sekunden, in denen der Proband eine vordefinierte Messhaltung einzunehmen hat. Die spätere Datenauswertung arbeitet nur noch auf der hochpräzisen digitalisierten Oberfläche und bedarf nicht mehr der Anwesenheit des Probanden. Daher ist es hiermit möglich, ein Vielfaches von Probanden und Körpermaßen zu berücksichtigen. Des Weiteren werden alle Schritte der Auswertung dokumentiert, die eine spätere Rekonstruktion erlauben. Außerdem können leicht zusätzliche Auswertungen durchgeführt werden, da die gesamte Körperform vorliegt. Schwer zu erkennende anatomische Skelettmerkmale werden mit Markern an dem Probanden markiert und in der Auswertung detektiert.

5. Zusammenfassung

In letzter Zeit und auch in Zukunft werden anthropometrische Reihenmessungen zunehmend mit 3D Body Scanner Systemen durchgeführt. Neben der Einbindung in die IT Logistik haben diese Verfahren auch methodische Vorteile gegenüber der klassischen manuellen Vermessung hinsichtlich Genauigkeit, Reproduzierbarkeit und Verwertbarkeit. Die erforderliche Vergleichbarkeit beider Ansätze wird durch die ISO 20685 gewährleistet.

6. Literatur

1. Blackwell, S., Robinette, K. Daanen, H. Boehmer, M., Fleming, S., Kelly, S. & Brill, T. 2002, Civilian American and European Surface Anthropometry Resource (CAESAR), Final report, Volume 2.
2. ISO 15535: 2006, Allgemeine Anforderungen an die Einrichtung anthropometrischer Datenbanken. Berlin: Beuth.
3. ISO 15537: 2004, Grundsätze für die Auswahl und den Einsatz von Prüfpersonen zur Prüfung anthropometrischer Aspekte von Industrieerzeugnissen und deren Gestaltung. Berlin: Beuth.
4. ISO 20685: 2006, 3D-Scanverfahren für international kompatible anthropometrische Datenbanken. Berlin: Beuth.
5. ISO 7250: 1997, Wesentliche Maße des menschlichen Körpers für die technische Gestaltung. Berlin: Beuth.
6. ISO 8559: 1989, Garment construction and anthropometric surveys-Body dimensions. Geneve: International Organization for Standardization.
7. Jürgens, H. W. & Matzdorff, I. 1988, Spezielle industrieanthropologische Methoden. In: R. Martin & R. Knussmann (Hrsg.), Anthropologie: Handbuch der vergleichenden Biologie des Menschen, Band 1. Stuttgart: Fischer.
8. Kirchner, A., Kirchner, J.-H., Kliem, M. & Mueller, J.M. 1990, Räumlich-ergonomische Gestaltung. Bremerhaven: Verlag für neue Wissenschaft.
9. Martin, R. 1914, Lehrbuch der Anthropologie. Jena: Verlag Gustav Fischer.
10. Robinette, K.M., Daanen, H.A.M. & Zehner, G.F. 2004, Three Dimensional Anthropometry. In: N.J. Delleman, C.M. Haslegrave & D.B. Chaffin (Eds.), Working Postures and Movements. London: CRC Press.
11. Seidl, A. & Bubb, H. 2006, Standards in Anthropometry. In: W. Karwoski (Ed.), Handbook of Standards and Guidelines in Ergonomics and Human Factors. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.

Weltweite anthropometrische Reihenmessungen mit BodyScanning – Überblick über die wichtigsten Projekte, Verfahren und Ergebnisse

Rainer TRIEB, Andreas SEIDL, Anke RISSIEK und Hans-Joachim WIRSCHING

*Human Solutions GmbH,
Europaallee 10, D-67657 Kaiserslautern*

Kurzfassung: Für die Durchführung von Reihenmessungen wird weltweit zunehmend 3D-BodyScanning eingesetzt. Durch diesen Paradigmenwechsel in der industriellen Anthropometrie stehen zukünftig die Daten nicht mehr nur in Form von eindimensionalen Körpermaßverteilungen, sondern auch als 3D-Information zur Verfügung. Neben der Fragestellung der Vergleichbarkeit mit Daten aus klassisch durchgeführten Reihenmessungen stehen daher auch die Standardisierung und neue Formen der Aufbereitung und Bereitstellung der Daten für eine effektive Nutzung beim Anwender im Vordergrund.

Schlüsselwörter: Anthropometrie, BodyScanning, Reihenmessung.

1. Einleitung

Ob in der Fahrzeug- und Flugzeugindustrie, bei der Auslegung des Fahrerarbeitsplatzes oder des Cockpits oder in der Bekleidungsindustrie beim Design von passender Bekleidung oder der Definition eines Größensystems, es werden aktuelle und genaue Körperdaten benötigt, um besser passende und kosteneffektivere Produkte zu schaffen. Ausgangsbasis dazu bilden anthropometrische Reihenmessungen, bei denen für eine bestimmte Population die aktuellen Körpermaße, deren Verteilungen und Korrelationen erhoben und für unterschiedliche Anwendungsbereiche ausgewertet und aufbereitet werden (Seidl & Bubb 2005).

In den letzten Jahren hat ein Paradigmenwechsel bei anthropometrischen Vermessungen der Bevölkerung eingesetzt. Die klassische manuelle Vermessung wird zunehmend durch den Einsatz moderner BodyScanning-Technologien (Trieb et al. 1999; Seidl et al. 1998) ergänzt bzw. sogar verdrängt. In den USA, England und Holland wurde die klassische manuelle Vermessung mit BodyScanning kombiniert, in Frankreich und Schweden wurden die Reihenmessungen ausschließlich mit BodyScanning durchgeführt. 2006 und 2007 wurden international weitere große Reihenmessungen vorbereitet und gestartet (z.B. Deutschland, Spanien, Rumänien, Thailand). In China startete bereits die Vermessung von ca. 1 Mio. Chinesen mit einer Voruntersuchung von Kindern.

2. Weltweite Reihenmessungen mit BodyScanning

Seit 1998 wurden weltweit eine Reihe von Reihenmessungen durchgeführt, bei denen als Kerntechnologie zur Datenerhebung 3D-BodyScanner eingesetzt wurden. In der folgenden Abbildung sind die wichtigsten Reihenmessungen mit 3D-BodyScanning seit 1998 zusammengestellt.

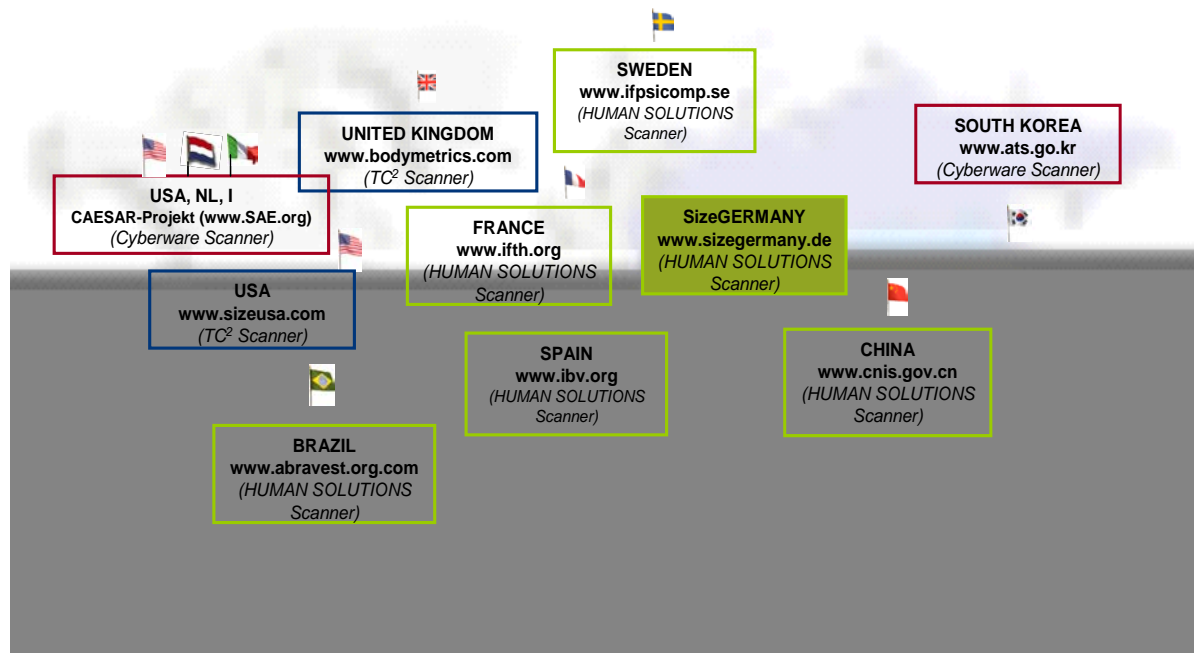


Abbildung 1: Die wichtigsten Reihenmessungen mit 3D-BodyScanning weltweit seit 1998

Erstmals wurde die noch recht junge BodyScanning-Technologie im Rahmen des CAESAR-Projektes (Civilian American and European Surface Anthropometry Resource) eingesetzt (Robinette 1996). Das Projekt wurde von der Wright-Patterson Air Force Base in Ohio, USA und TNO in den Niederlanden initiiert. Beginnend in den USA und Kanada und anschließend in den Niederlanden und Italien wurden zwischen April 1998 und Anfang 2000 insgesamt 4.400 Männer und Frauen im Alter zwischen 18-65 gescannt und vermessen. Die Ergebnisse der Reihenmessung in Form von 39 CD's mit den original Scandaten, ca. 100 Körpermaßen inkl. 40 manuellen Maßen, ca. 70 3D-Markerpositionen und den Ergebnissen der soziodemographischen Befragung werden heute über die SAE International vertrieben.

In einigen europäischen Ländern fanden in den letzten Jahren, nicht zuletzt motiviert durch die Bemühungen für die Einführung eines harmonisierten europäischen Bekleidungsgrößensystems, bereits neue Reihenmessungen statt. Nahezu zeitgleich mit CAESAR wurde erstmalig in Europa die neue Technologie im Rahmen der zielgruppenspezifischen Reihenmessungen für „Mieder“ in 1999/2000 an ca. 1.500 Frauen eingesetzt, um aktuelle Maße für die Konstruktion körpernaher Bekleidung zu gewinnen. Auch die zwischen 2001 und 2003 in Deutschland durchgeführte Reihenmessung „Frauen 60 plus“ zeigte ebenfalls signifikante Abweichungen der aktuellen Körpermaße zu den derzeit gültigen Bekleidungstabellen für Damenoberbekleidung von 1993/94.

In Großbritannien wurden 1999/2000 11.000 Männer und Frauen gemessen, wobei sich dort erhebliche Abweichungen gegenüber den letzten Messungen ergeben haben. In Folge wurden in Frankreich zwischen 2003 und 2005 11.562 Männer, Frauen und Kinder gemessen. Hier hat sich beispielsweise gezeigt, dass die Franzosen sowohl größer als auch erheblich schwerer geworden sind. Die Ergebnisse der Vermessung stehen inzwischen in Form von Größentabellen auch altersgestaffelt in speziellen Auswertungen für die Bekleidungsbranche zur Verfügung.

In Schweden wurden 2004/2005 4.000 Männer, Frauen und Kinder zwischen 13 und 85 Jahren gemessen, die Auswertung der Messdaten ist abgeschlossen und wird ähnlich wie in Frankreich in Form von aktualisierten Tabellenwerken veröffent-

licht werden. In Spanien wurde im September 2007 mit der Vermessung von mehr als 10.000 Frauen aller Altersstufen an 59 Messstandorten im Auftrag des Gesundheitsministeriums begonnen. Die offiziellen Ergebnisse werden hier voraussichtlich bis Mitte 2008 in Form von Tabellenwerken zur Verfügung stehen.

In der nachfolgenden Tabelle 1 sind die Kennzahlen der wichtigsten 3D-BodyScanning Reihenmessungen zusammengestellt.

Tabelle 1: Kennzahlen der wichtigsten Reihenmessungen weltweit mit 3D-BodyScanning

	<i>Deutschl. Size- GERMANY</i>	<i>Spanien</i>	<i>Schweden</i>	<i>Frankreich</i>	<i>England Size UK</i>	<i>Deutschl. "Mieder"</i>	<i>Deutschl. "Frauen 60+"</i>	<i>CAESAR</i>
Jahr	2007/2008	2007/2008	2004/2005	2003/2005	1999/2000	2001-2003	2000	1998-2000
Durchführung	Human Solutions/ BPI	IBV	IFP	IFTH	UCL	BPI Hohenstein	BPI Hohenstein	WPAB, TNO
Personen	Männer, Frauen, Kinder	Frauen	Männer, Frauen, Kinder	Männer, Frauen, Kinder	Männer, Frauen	Frauen (Senio- rinnen)	Frauen	Männer, Frauen
Anzahl Personen	12.000	10.000	4000	11.562	11.000	1500	1500	2400 USA/CA 2000 NL/I
Alters- klassen	6-9 10-13 14-17 18-25 26-35 35-45 46-55, 56-65 über 65	18-65	13-85	5-6, 7-8 9-10, 11- 12 13-14 15-17 18-20 21-25 a 5J	16-25 26-35 36-45 46-55 56-65 66-75, über 76	Bis 50 51 -60 61 -70 Über 70	Bis 20 21-30 31-40 41-50 51-60 61-70 über 70	18-65
Regionen	4	6	-	4	3	5	2	4 Länder
Anzahl Mess- standorte	30	59	-	36	8	Hohenstein, Köln, Hamburg, Berlin, Weiden	Hohenstein Köln	k.A.
Mess- haltungen	3 stehend 1 sitzend	2 stehend 1 sitzend	2 stehend 1 sitzend	1 stehend 1 sitzend	1 stehend 1 sitzend	1 stehend 1 sitzend	1 stehend 2 sitzend	2 stehend 1 sitzend
Marker- einsatz	Ja (teilweise)	Ja	Ja	Ja (9)	Nein	Nein	Nein	Ja (72)
Body- Scanner	Human Solutions	Human Solutions	Human Solutions	Human Solutions	[TC] ²	Human Solutions	Human Solutions	Cyberware / Vitronic
Ergebnis- Bereit- stellung	Online- Portal	Tabellen	Tabellen	Tabellen	Portal	Tabellen	Tabellen	39 CD's

Mit der im Juli 2007 begonnenen SizeGERMANY (SizeGERMANY 2007) wird erstmalig in Deutschland eine Gesamtvermessung an 12.000 Frauen, Männern und Kindern über alle Altersgruppen zwischen 6 und über 65 Jahren im Auftrag von mehr als 90 deutschen Bekleidungs- und Automobilunternehmen durchgeführt. Die Datenerhebung umfasst neben 4 Scanhaltungen auch einen umfangreichen soziodemographischen Fragebogen, in dem marktspezifische Fragestellungen der beteiligten Branchen berücksichtigt sind. Erstmals werden die Ergebnisse auf einem Internet-Portal, das auch anwendungs- und zielgruppenspezifische Online-Auswertungen bereitstellen wird, den beteiligten Partner ab Anfang 2009 zur Verfügung stehen.

3. Nutzbarkeit internationaler Reihenvermessungsergebnisse

Mit der Standardisierung von Körpermaßen und Messvorschriften wurde die Brücke zwischen der klassischen Anthropometrie und der BodyScanning-Technologie geschlagen. Ein wichtiger Schritt wurde mit der Verabschiedung der ISO 20685 im Jahre 2005 vollzogen. Neben Anforderungen an die eingesetzte Scanner-Hardware und Körpermaß-Software werden dort Verfahren zur Sicherstellung der Vergleichbarkeit mit manuell gemessenen Körpermaßen für einen Satz von Körpermaßen basierend auf der ISO 7250 definiert. Im Bekleidungsbereich sind die für die Bekleidungskonstruktion relevanten Körpermaße in der internationalen Norm ISO 8559 festgelegt.

Zukünftig sollten jedoch die Ergebnisse in einer internetbasierten Plattform, die insbesondere die Aspekte der Anwendungsnähe und unmittelbaren Umsetzbarkeit in der Produktentwicklung und –optimierung berücksichtigt, bereit gestellt werden. Allgemeinen Randbedingungen für die Zusammenführung der Ergebnisse unterschiedlicher Reihenmessungen in anthropometrischen Datenbanken wurden dazu mit der ISO 15535 geschaffen.

4. Literatur

1. CAESAR 1998, Civilian American and European Surface Anthropometry Resource Project, <http://www.sae.org/technicalcommittees/caesarhome.htm>
2. DIN EN ISO 20685: 2006-02, 3D-Scanverfahren für international kompatible anthropometrische Datenbanken (ISO 20685:2005). Berlin: Beuth.
3. DIN EN ISO 7250:1997-10, Wesentliche Maße des menschlichen Körpers für die technische Gestaltung (ISO 7250:1996); Deutsche Fassung EN ISO 7250:1997. Berlin: Beuth.
4. ISO/DIS 15535: 2001-05, Allgemeine Anforderungen an die Einrichtung anthropometrischer Datenbanken. Berlin: Beuth.
5. ISO 8559: 1989-07, Bekleidungskonstruktion und anthropometrische Untersuchungen; Körpermaße. Berlin:Beuth.
6. Robinette, K. M. & Daanen, H.A.M. 1996, CAESAR – Civilian American and European Surface Anthropometry Resource, Proposed Business Plan.
7. Seidl, A. & Bubb, H. 2005, Standards in Anthropometry in Handbook. In: W. Karwowski (Edt.), Standards and Guidelines in Ergonomics and Human Factors. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, 169-196.
8. Seidl, A., Trieb, R., Hansen, G. & Hamfeld, H. 1998, 3D-Scanning: Methoden, Chancen und Perspektiven neuer Messmethoden für die Anthropometrie. Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg.), GfA Herbstkonferenz 7.-9.10.1998. Dortmund: GfA Press, 21-26.
9. SizeGERMANY – die neue Deutsche Reihenmessung, 2007, Internetlink: www.sizeGermany.de
10. Trieb, R., Seidl, A., Hamfeld, H. & Hansen, G. 1999, Ramsis/Scan - A New Approach to 3d-Body Scanning for Automated Anthropometric Measuring and Individual Product Design, Digital Human Modeling For Design And Engineering, Hague, Netherlands.

Ganzheitliche Methodik zur systematischen Auslegung des Fahrzeuginnenraumes

Alexander MÜLLER und Thomas MAIER

*Institut für Konstruktionstechnik und Technisches Design (IKTD),
Forschungs- und Lehrgebiet Technisches Design,
Universität Stuttgart, Pfaffenwaldring 9, D-70569 Stuttgart*

Kurzfassung: Bis heute ist in Lehre und Literatur keine ganzheitliche, zentrifugale und nutzerzentrierte Methodik für die systematische Auslegung eines Fahrzeuginnenraumes beschrieben. Ein Ansatz zur Behebung dieses Defizits bildet die Generierung eines einfachen, dynamischen Maßkonzepts, das auf der anthropometrischen und somit funktionalen Fahrzeuginnenraumauslegung basiert und zur Modellierung der Fahrzeuginsassen das digitale Menschmodell RAMSIS verwendet. Das dynamische Maßkonzept stützt sich auf ein statisches Maßkonzept, das unter Berücksichtigung ausgewählter Bewegungsszenarien systematisch zu erweitern ist. Durch die statische und dynamische Modellierung der Fahrzeuginsassen können in erster Konsequenz die funktional begründeten, wichtigsten Komfortmaße und Dimensionen des Fahrzeuginnenraums abgeleitet werden. Ausgehend von diesem Volumen kann das Pkw-Maßkonzept entwickelt werden, das als Grundlage für die Fahrzeugformentwicklung dient.

Schlüsselwörter: anthropometrische Maßkonzeption, Fahrzeuginnenraumauslegung, statisches Maßkonzept, dynamisches Maßkonzept.

1. Problemstellung

Im Bereich der funktionalen Fahrzeugentwicklung ist zu beobachten, dass die umfassende Dimensionierung von Personkraftfahrzeugen – das so genannte Pkw-Maßkonzept - in den letzten Jahrzehnten immer komplexer geworden ist. Die Ursache für diese Entwicklung liegt vor allem an den gestiegenen Sicherheitsanforderungen und der Integration immer umfangreicherer Funktionsbaugruppen und Komfortelementen. Trotz des aktuell ungebrochenen Trends zu immer stärkeren und voluminöseren Fahrzeugen ist zu beobachten, dass der für die Fahrzeuginsassen zur Verfügung stehende Raum stetig abnimmt. Die schon vor rund fünfzehn Jahren formulierte und provokante Frage von Tomforde, wie lange überhaupt noch Platz für die Insassen im Fahrzeug zur Verfügung steht, ist durchaus berechtigt (Tomforde 1992).

Bei der aktuell in der Praxis angewandten Fahrzeugentwicklung ist auch eine Orientierung an Vorgängerfahrzeugen und an bereits am Markt etablierten Fahrzeugen zu erkennen. Wenn man bedenkt, dass das Exterior-Design relativ früh in der Konzeptphase festgelegt wird, scheint die aktuelle Fahrzeugentwicklung in Bezug auf das Pkw-Maßkonzept zentripetal zu erfolgen. Das heißt, dass die Fahrzeugentwicklung nicht zentral vom Fahrzeugnutzer ausgeht, sondern den Nutzer bestmöglich in einen Fahrzeuginnenraum platziert.

Trotz dieser beschriebenen Fakten ist derzeit eine ganzheitliche, zentral vom Nutzer ausgehende und zentrifugale Entwicklungsmethodik zur systematischen Generie-

rung eines anthropometrischen Maßkonzepts nicht erkennbar und in Lehre und Literatur nicht dargestellt. Im Handel erhältliche Softwareanwendungen für die Pkw-Maßkonzeption in der Konzeptphase der Fahrzeugentwicklung dienen meist zur frühen Absicherung von Gesetzen und Richtlinien. Die zentrifugale Maßkonzeption mit digitalen Menschmodellen steht dabei nicht im Vordergrund der Überlegungen.

2. Lösungsansatz

Um die primäre Transportaufgabe, d.h. den Transport von Passagieren und Gepäckvolumen, bestmöglich zu lösen, sollte modernes Fahrzeugdesign nutzerzentriert erfolgen. Das bedeutet, dass das Fahrzeugdesign schon in der Konzeptphase mit der Maßkonzeption beginnen muss, indem zuerst die Fahrzeuginsassen unter Berücksichtigung der demografischen und geografischen Merkmale (Maier & Schmid 2007) ideal positioniert werden. Dazu ist es notwendig, wichtige, das Pkw-Maßkonzept betreffende, Hauptanforderungen zu formulieren. Zunächst werden ein geeigneter Referenzpunkt und damit verbunden ein geeignetes Sitzmodell (Bubb 1995; Burand 1978; Bubb & Mergel 2006) ausgewählt und in Bezug auf vorher definierte Anforderungen modifiziert. Zu diesen Anforderungen zählen in erster Ordnung die Beschreibung der Sichtanforderungen aus dem Fahrzeug (Dreyfuss 2002), sowie die Anpassungsfähigkeit des Sitzmodells an unterschiedliche Fahrzeugkomfortklassen (KBA 2008) und Fahrzeugkategorien (Bandow & Stahlecker 2001). Durch die Verknüpfung von Fahrzeugabmessungen (DIN 70020-1) mit dem digitalen Menschmodell RAMSIS ist zunächst ein systematisch generiertes, digitales, statisches Sitzmodell für alle Fahrzeuginsassen zu erarbeiten (Bauer 2007). Auf diesem statischen Sitzmodell basierend wird anschließend ein digitales, dynamisches Sitzmodell generiert, in dem typische Bewegungsszenarien der Fahrzeuginsassen berücksichtigt werden (Mössner 2007). Aus den statischen und dynamischen Bediensituationen entsteht also zunächst das anthropometrische Maßkonzept, aus dem sich die funktional begründeten Dimensionen des Fahrzeuginnenraums ableiten lassen.

3. Nutzerzentrierte Fahrzeuginnenraumauslegung

Für die anthropometrische Maßkonzeption wird der Fersenpunkt (AHP) als Referenzpunkt ausgewählt. Der Fahrerarbeitsplatz wird für den 95%M (Körpergrößengruppe 95 Perzentil Mann) und die 5%F (Körpergrößengruppe 5 Perzentil Frau) ausgelegt. Begonnen wird mit der Modellierung des 95%M, indem zuerst die tatsächliche, von Mensch und Fahrzeugsitz unabhängige Sitzhöhe (Abstand AHP – Hüftzentrum, vgl. RAMSIS GHZ) festgelegt wird. Durch Vorgabe des Menschmodells und des Fahrzeugsitzes kann das H30-1-Maß und der Sitzreferenzpunkt (SgRP) abgeleitet werden. Die von Dreyfuss (Dreyfuss 2002) definierten kritischen Sehstrahlen können nun in der Seitenansicht konstruiert werden, wobei der Augpunkt den Rotationsmittelpunkt der Sehstrahlen darstellt. Anschließend wird das Lenkrad konstruiert, wobei diesbezüglich besonders der untere Durchstiegspunkt zu beachten ist. Die 5%F wird modelliert, indem sie mit der Ferse auf dem Fersenpunkt des 95%M positioniert wird. Um ohne Anpassung der Sitzhöhe gleiche Sichtverhältnisse für 5%F und 95%M zu gewährleisten, ist in Bezug auf die Sicht auf die Straße der untere Sehstrahl der 5%F ausschlaggebend. Konsequenz dieses Sitzmodells ist jedoch ein kurzer Vorderwagen mit "tief gezogener Fronthaube" (Bubb 1995). Alternativ kann

der Augpunkt der 5%F auf dem unteren Sehstrahl oder oberhalb des unteren Sehstrahls des 95%M liegen (Burand 1978), (Bubb & Mergel 2006). Unter Berücksichtigung des unteren Durchstiegspunktes wird auch das Lenkrad der 5%F abgebildet, wobei diese Abmessungen auf den SgRP der 5%F bezogen werden. Aus der statischen Modellierung des Fahrzeugführers können also Sollwerte für den Lenkradverstellbereich und den Sitzverstellbereich abgeleitet werden.

Die Bedeutung von Bewegungsabläufen der Fahrzeuginsassen bei der Maßkonzeption ist schon lange bekannt (Damon et al. 1966; Dreyfuss 2002), jedoch wird der umfassende Raumbedarf der Fahrzeuginsassen bei der systematischen Fahrzeuginnenraumauflegung bis heute nur vereinzelt behandelt (Bubb & Hudelmaier 2001). Um auf Bewegungsabläufen basierend den Raumbedarf der Fahrzeuginsassen bestimmen zu können, werden zunächst die zu berücksichtigenden Bewegungsszenarien für den Fahrerarbeitsplatz definiert. Relevant sind die Bewegungsszenarien: Angurten, Schulterblick (z.B. beim Spurwechsel), Lenken, Kurvenfahrt (in diesem Zusammenhang insbesondere die Bewegung des Oberkörpers), Pedalbetätigungen, Griff zur Mittelkonsole, sowie das Aufstellen des linken Fußes.

Im Anschluss werden die Passagiere der zweiten Sitzreihe als 95%M modelliert, indem zunächst die tatsächliche Sitzhöhe (Abstand GHZ - Bodenreferenzebene) festgelegt wird. Durch Ableitung des SgRP kann der effektive Beinraum modelliert werden. Unter Berücksichtigung der Kniefreiheit kann der Passagier der zweiten Sitzreihe positioniert werden.

Auch für die Passagiere des Fonds sind typische Bewegungsszenarien zu berücksichtigen. Im Folgenden wird das Angurten, die Kurvenfahrt, das Lesen, sowie der Griff zur Mittelkonsole berücksichtigt. Es entstehen Hüllvolumina der Fahrzeuginsassen, die alle einzelnen Bewegungsszenarien enthalten und die die Basis für die funktionale Fahrzeuginnenraumauflegung bilden. Abbildung 1 zeigt die Modellierung der Fahrzeuginsassen in Seitenansicht. Die auf den dynamischen Bewegungsabläufen von Fahrzeugführer und Fondpassagier basierenden Hüllvolumina sind ebenfalls dargestellt. Erst jetzt können unter Berücksichtigung der wichtigsten Komfortmaße (Ellenbogenbreiten, Schulterräume und effektive Kopfräume) die Dimensionen des Fahrzeuginnenraums abgeleitet werden.

4. Ergebnisse und Ausblick

Die systematische und nutzerzentrierte, anthropometrische Maßkonzeption beinhaltet eine komplexe Hierarchie von mindestens 36 Maßen, wobei 9 komfortklassen übergreifende Maße enthalten sind. Sie sind in Abbildung 1 mit schwarz ausgefüllten Kreisen gekennzeichnet, wobei die Nummern in diesem Kreis den genauen Arbeits(-teil)schritt angeben.

Aus der nutzerzentrierten und funktionsorientierten Fahrzeugentwicklungsmethodik resultiert eine Vergrößerung des Fahrzeugnutzwertes, der sich als eine Verbesserung der Fahrzeugqualität auswirkt und zukünftig noch evaluiert wird. Zudem bietet die Anwendung der neuen Methodik ein interessantes Potential für Rationalisierungseffekte. Diese Rationalisierungseffekte betreffen auch den Entwicklungsprozess von Pkw-Maßkonzepten in der Konzeptphase. Es ist anzunehmen, dass kostenintensive Schleifen im Fahrzeugentwicklungsprozess, die oft auf einer zu knapp bemessenen Fahrzeuginnenraumauflegung beruhen, vermieden werden können.

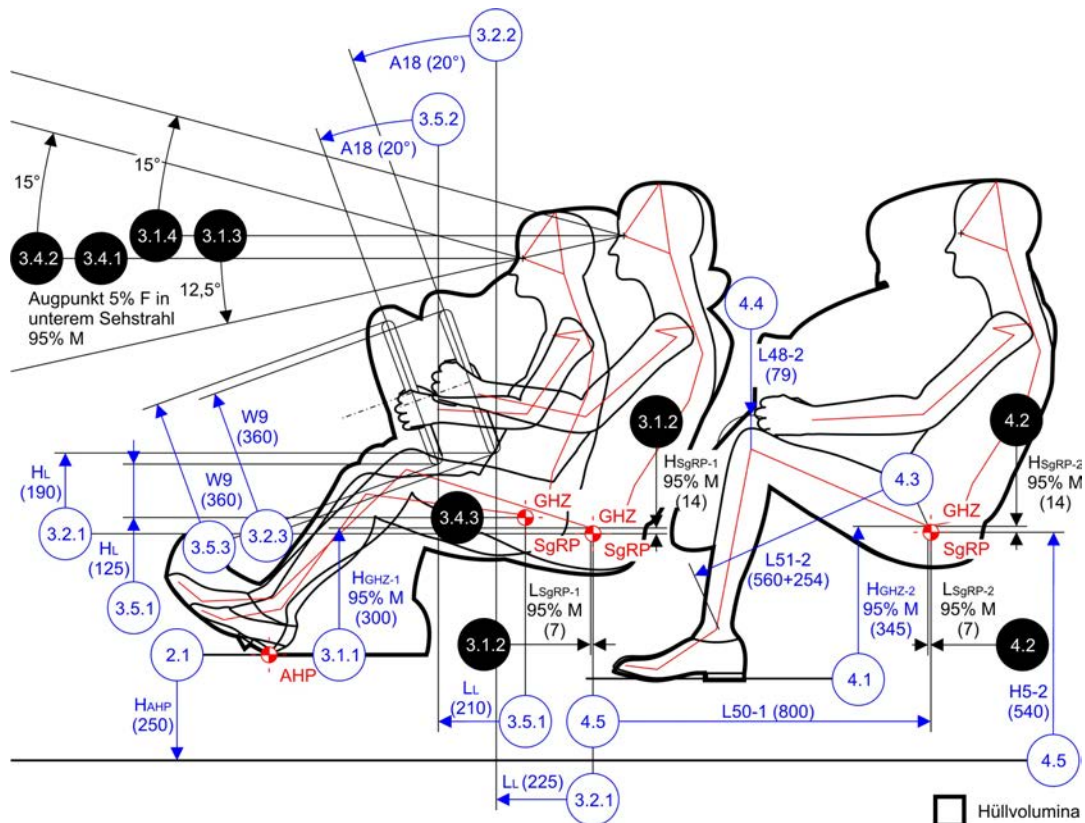


Abbildung 1: Statische und Dynamische PKW-Maßkonzeption und Ableitung von Hüllvolumina

5. Literatur

1. Bandow, F., Stahlecker, H. 2007, Ableitung der Hauptabmessungen eines Fahrzeugs, Automobil-technische Zeitschrift, 109, 912 – 921.
2. Bauer, D. 2007, Systematische Generierung eines einfachen, statischen Maßkonzeptes für Pkws, Studienarbeit. Stuttgart: Institut für Konstruktionstechnik und Technisches Design.
3. Bubb, H. 1995, Anwendung von RAMSIS-Cockpitgestaltung im Kraftfahrzeug. In: K.-P. Gärtner (Hrsg.), Anthropometrische Cockpitgestaltung. Bonn: DGLR, 145 – 156.
4. Bubb, H. & Hudelmaier, J. 2001, 1-Liter-Auto und Anthropometrische Gestaltung - Fahrwiderstandsreduktion durch Verringerung des Frontalquerschnittes unter Berücksichtigung des Fahrkomforts. In: Fahrzeugkonzepte für das 2. Jahrhundert Automobiltechnik, 19. VDI/VW Gemeinschaftstagung, VDI-Berichte Nr. 1653. Düsseldorf : VDI Verlag, 255-268.
5. Bubb, H. & Mergel, C. 2006, Ergonomic Layout Process for a Driver Working Place in Cars, SAE Technical Paper, 2006-01-2313. Warrendale, PA: Society of Automotive Engineers.
6. Burand, U. 1978, Ergonomie für Design und Entwicklung. Köln: Schmidt, 40.
7. Damon, A., Stoudt, H. & McFarlanf, R. 1966, The Human Body in Equipment Design. Cambridge: Harward University Press, 34.
8. DIN-Norm 70020-1: 2006, Personenkraftwagen: Teil 1: Begriffe, Grundlagen, Bestimmungen, Maßkurzzeichen. Berlin: Beuth.
9. Dreyfuss, H. 2002, The Measure of Man and Woman: Human Factors in Design. New York: John Wiley & Sons, 36.
10. Kraftfahrtbundesamt (KBA), www.kba.de letzter Zugriff: 17.01.2008.
11. Maier, T. & Schmid, M. 2007, IDeEnKompakt Online-Manuskript zur Vorlesung Technisches Design. Stuttgart: Institut für Konstruktionstechnik und Technisches Design.
12. Mössner, S. 2007, Auswirkungen eines einfachen, dynamischen Maßkonzeptes auf die Formgebung von Pkws, Studienarbeit. Stuttgart: Institut für Konstruktionstechnik und Technisches Design.
13. Tomforde, J. 1992, Fahrzeugkonzeption im Wandel der Zeit - Konflikt zwischen Produktethik, Kundenwünschen und Hersteller-Interessen. In: Entwicklungen im Karosseriebau, VDI Berichte 968. Düsseldorf: VDI Verlag, 241 – 255.

Entwicklung eines Ramsis-Haltungsmodells für Bürostühle

Florian ENGSTLER, Birgit BRANDL und Heiner BUBB

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

Kurzfassung: Die Vielzahl an Büroarbeitsplätzen in der heutigen Arbeitswelt führen zu einem hohen Anteil sitzender Tätigkeiten, deren Folgen zunehmend in Form von Rückenerkrankungen deutlich werden. Die ergonomische Gestaltung dieser Arbeitsplätze ist daher besonders wichtig. Im Rahmen dieser Arbeit wurde ein Haltungsmodell für Bürostühle entwickelt, mit dem in Ramsis die Untersuchung bzw. ergonomische Auslegung von Büroarbeitsplätzen durchgeführt werden können. Dazu wurden in einer Versuchsreihe von 24 Probanden verschiedene typische Büroarbeiten, wie Lesen und Schreiben mit Papier und Stift sowie Arbeiten mit Tastatur und Maus ausgeführt und mit Hilfe des Messsystems PCMAN ihre Körperhaltungen erfasst. Durch statistische Aufbereitung wurden Haltungsmodelle generiert, welche für verschiedene Aufgaben eine Haltungsprädiktion mit dem Menschmodell Ramsis ermöglichen.

Schlüsselwörter: RAMSIS, Haltungsmodell, Digital Human Modeling.

1. Einleitung

Die große Anzahl an Büroarbeitsplätzen und der Einsatz von Datenverarbeitung in der heutigen Wirtschaft gehen mit einem hohen Anteil an sitzenden Tätigkeiten einher. Daher kommt dem Schutz des Arbeitnehmers vor den daraus resultierenden gesundheitlichen Schäden, wie er teilweise in der Bildschirmarbeitsplatzverordnung geregelt ist, besondere Bedeutung zu. Nicht nur bei der Büroarbeit, sondern auch in der Freizeit ist Sitzen die überwiegende Körperhaltung geworden, deren Folgen zunehmend in Form von Rückenerkrankungen sichtbar werden (Diebschlag 1995; Van Dieen 2001). Veröffentlichte Daten zeigen, dass rund 30% aller Fehlzeiten in den Unternehmen durch Wirbelsäulenerkrankungen verursacht werden und mehr als die Hälfte aller Rentenanträge wegen Berufsunfähigkeit mit Bandscheibenerkrankungen begründet werden (Diebschlag 2001).

Digitale Menschmodelle ermöglichen es, vielfältige Fragestellungen der ergonomischen Produkt- und Arbeitsplatzgestaltung zu beantworten, werden jedoch für die Planung von Büroarbeitsplätzen bisher kaum eingesetzt. Dies beruht unter anderem auf der mangelnden Verfügbarkeit von Modellen zur Haltungsprädiktion.

Im Rahmen dieser Arbeit wurde daher ein entsprechendes Haltungsmodell für das digitale Menschmodell Ramsis entwickelt, das eine Vorhersage von Körperhaltungen für verschiedene typische Bürotätigkeiten ermöglicht.

2. Methode

Die Ramsis Haltungssimulation basiert auf probabilistischen Modellen, die auf Basis von Probandenexperimenten generiert werden. Hierzu wird die Körperhaltung

mehrerer Probanden bei bestimmten Tätigkeiten gemessen, statistisch aufbereitet und zu einem Datensatz verdichtet.

Dabei kommt das am Lehrstuhl für Ergonomie entwickelte kamerabasierte Messsystem „PCMAN“ zum Einsatz (Seitz 2003). Es ermöglicht die Vermessung von Anthropometrien und Körperhaltungen anhand digitalisierter Fotos einer Versuchsperson. Hierzu wird den Bildern unter Berücksichtigung perspektivischer Bedingungen ein digitales Menschmodell überlagert. Dieses Modell entspricht in seinem strukturellen Aufbau dem Menschmodell Ramsis und ermöglicht daher eine einfache Übertragung der gewonnenen Ergebnisse. Das Vorgehen bei der Vermessung gliedert sich in zwei Schritte. Zunächst werden die Körpermaße des Modells auf Basis definierter Körperhaltungen an die Anthropometrie des Probanden angepasst. Anschließend wird der Proband bei der normalen Durchführung einer Tätigkeit fotografiert bzw. gefilmt und das Modell durch Veränderung der Gelenkwinkel seiner jeweiligen Körperhaltung angepasst. Als Ergebnis werden Anthropometrie- und Gelenkwinkeldatenätze generiert.

3. Versuchsaufbau und -durchführung

An der Untersuchung nahmen je zwölf Männern und Frauen im Alter von 20 bis 28 Jahren teil. Körperhöhe und Stammlänge der Probanden lagen zwischen 5. und 95. Perzentil des jeweiligen Geschlechts bezogen auf die Werte aus DIN 33402-2.

Vor Beginn des Versuches wurden die Probanden gebeten, den gestellten Bürostuhl (einstellbar in Höhe der Sitzfläche, Höhe und Neigung der Rückenlehne, ausgestattet mit Armlehnen und aktiver Synchromechanik) individuell einzustellen sowie die Anordnung von Maus, Tastatur und Bildschirm entsprechend Ihrer Vorlieben anzupassen. Die Tischhöhe war nicht verstellbar und betrug 750 mm.

Während des Versuchs sollten die Probanden sieben Aufgaben erfüllen, welche typischen Bürotätigkeiten entsprechen. Dabei handelt es sich um Sitzen bei einer Besprechung, Lesen eines Textes auf Papier, Schreiben auf Papier, konzentriertes Arbeiten mit Maus und Tastatur (Erstellen einer Powerpoint Folie und verfassen einer Email), Computerspielen sowie Tippen eines längeren Textes. Der Versuch dauerte etwa 30 Minuten, während denen die Probanden durchgängig von drei Videokameras gefilmt wurden (siehe Abbildung 1).

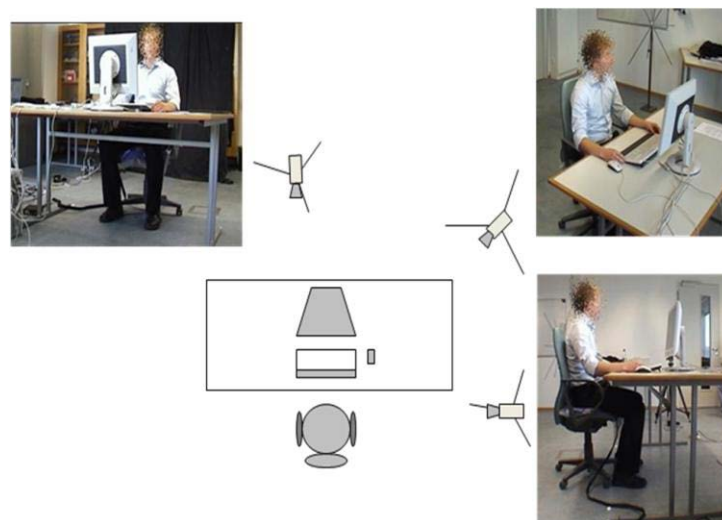


Abbildung 1: Versuchsaufbau

4. Auswertung und Ergebnisse

Aus den Videoaufnahmen wurde pro Proband und Aufgabe je eine Körperhaltung extrahiert, die über einen längeren Zeitraum beibehalten worden war und damit als repräsentativ für diesen Probanden gilt. Die Haltungsvermessung mit PCMAN ergab damit insgesamt 168 einzelne Körperhaltungen (24 Probanden a 7 Aufgaben). Die je 12 Körperhaltungen einer Aufgabe pro Geschlecht wurden mittels Mittelwertbildung über die einzelnen Gelenkwinkel zu einer Durchschnittshaltung verdichtet, wodurch insgesamt 14 einzelne Haltungsmodelle für die beschriebenen Aufgaben entstanden.

Durch die geringen geometrischen Einschränkungen der Versuchspersonen traten bei der Mittelwertbildung einige Probleme mit Haltungen auf, die stark von der erwarteten Haltung abwichen, deren Abweichungen aber nicht direkt mit der Aufgabe zusammenhingen. So wurde von den Probanden in 22 Fällen der Kopf mit der Hand aufgestützt sowie in 13 Fällen die Beine überschlagen. Da diese Fälle im Vergleich zur Gesamtzahl von 168 Haltungen als Ausreißer gewertet werden können, wurden die jeweils betroffenen Gelenkwinkel für die Mittelwertbildung nicht betrachtet.

Bei der visuellen Beurteilung der resultierten Durchschnittshaltungen wurde eine hohe Ähnlichkeit der Körperhaltungen bei der Arbeit mit Powerpoint, dem Spielen und dem Verfassen einer Email deutlich. Dies scheint naheliegend, da es sich bei allen Tätigkeiten um ein gemischtes Arbeiten mit Tastatur und Maus handelt. Ein statistischer Test der einzelnen Gelenkwinkel mittels einfaktorieller Anova zeigte keine signifikanten Unterschiede (alle $p > 0,05$), sodass die Haltungen dieser drei Aufgaben getrennt nach Geschlecht zu einem gemeinsamen Modell zusammengefasst werden konnten.

Darüber hinaus stellte sich die Frage, ob auch die Modelle gleicher Aufgaben für beide Geschlechter kombiniert werden können. Hier zeigte die einfaktorielle Anova jedoch signifikante Unterschiede vor allem im Bereich des Beckens und der Oberschenkel (z.B. Kippen des Beckens nach vorne bei der Aufgabe Lesen $p = 0,006$, $F = 9,437$, $df = 1$). Folglich müssen die Haltungsmodelle für Mann und Frau getrennt betrachtet werden.

Abbildung 2 zeigt am Beispiel des männlichen Geschlechts die fünf resultierenden Haltungsmodelle.

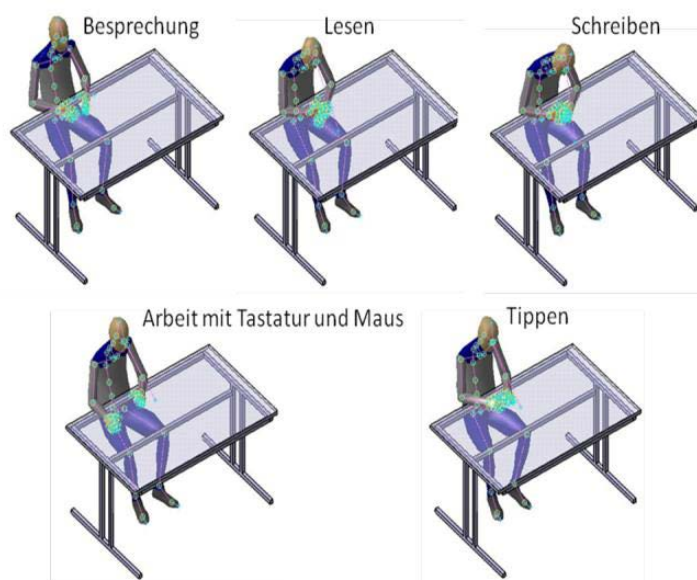


Abbildung 2: Übersicht der erzeugten Haltungsmodelle für Männer

5. Zusammenfassung

Aufgrund der hohen Variationsmöglichkeiten für die Körperhaltung im Büroumfeld war es leider nicht möglich, ein generelles Haltungsmodell für alle Aufgaben und Geschlechter zu generieren. Durch die statistische Auswertung der durchgeführten Versuche wurde aber zumindest eine Reduzierung auf insgesamt fünf Haltungsmodelle pro Geschlecht erreicht, mit welchen die häufigsten Tätigkeiten an einem Büroarbeitsplatz abgebildet werden können: Sitzen bei einer Besprechung, Lesen eines Textes auf Papier, Schreiben auf Papier, Arbeiten mit Maus und Tastatur sowie Tippen eines längeren Textes.

Diese Haltungsmodelle ermöglichen eine realistische Haltungsprognose und damit sowohl eine Überprüfung vorhandener wie auch die Auslegung neuer Büroarbeitsplätze mit Hilfe des Menschmodells Ramsis.

6. Literatur

1. Diebschlag, W. 1995, Der Sitzarbeitsplatz und das „Recht auf Gesundheit“, Zeitschrift für Arbeitswissenschaft, 49, 56 – 57.
2. Diebschlag, W. 2001, Seminar: Arbeitsgestaltung und –Studien – Ö8 - SS 2001. München: Technische Universität München.
3. Van Dieen, J.H. 2001, Effects of dynamic office chairs on trunk kinematics, trunk extensor EMG and spinal shrinkage, Ergonomics, 44, 739 – 750.
4. Seitz, Th. 2003, Videobasierte Messung menschlicher Bewegungen konform zum Menschmodell RAMSIS, Dissertation. München: Technische Universität München.

Analyse und Gestaltung von Montagearbeitsplätzen in der Automobilindustrie – ein Beitrag zur Generierung altersgerechter Arbeitssysteme

Markus BUCH, Julia WEICHEL und Ekkehart FRIELING

*Institut für Arbeitswissenschaft und Prozessmanagement, Universität Kassel,
Heinrich-Plett-Str.40, D-34109 Kassel*

Kurzfassung: Ausgewählte Ergebnisse zur Frage der alter(n)sge-rechten Arbeitssystemgestaltung aus einem Pilotbereich „Getriebe-montage“ werden vorgestellt. Darauf aufbauend wird die Konzeption der aus den Ergebnissen abgeleiteten Arbeitsgestaltungsmaßnahmen erörtert.

Schlüsselwörter: Altersgerechte Arbeitssysteme, Automobilindustrie, Arbeitsgestaltung, Arbeitsanalyse.

1. Einleitung

Die steigende Anzahl an älteren Mitarbeitern im Zuge des demografischen Wandels sowie das Auslaufen der gesetzlichen Altersteilzeit im Jahr 2009 stellt die Unternehmen vor eine große Herausforderung (Frieling et al. 2004). Zur Gewährleistung der eigenen Zukunfts- und Wettbewerbsfähigkeit erarbeiten Unternehmen bereits jetzt Lösungen, um den demografischen Wandel in den eigenen Belegschaften zukünftig meistern zu können.

Das von der Deutschen Forschungsgemeinschaft geförderte Projekt „Altersdifferenzierte Arbeitssystemgestaltung in der Automobilindustrie“ beschäftigt sich mit der altersadäquaten Arbeitsgestaltung von Montagearbeitsplätzen. Das Projekt gliedert sich in eine Ist-Analyse, gefolgt von einer Phase der Maßnahmenableitung und umsetzung, die in einer dritten Phase evaluiert werden. Zusätzlich liegt dem Projekt ein Längsschnittsdesign zugrunde.

2. Methoden, Stichprobe und Untersuchungsfeld

In der ersten Projektphase wurden Fragebogen, Fitnesstests, SAP-Daten und Beobachtungsdaten erhoben bzw. durchgeführt und über einen Code verknüpft. Ziel ist es, dysfunktionale Arbeitstätigkeiten zu identifizieren sowie Veränderungsmaßnahmen abzuleiten.

Die Stichprobe setzt sich aus gewerblichen Mitarbeitern zweier Automobilunternehmen zusammen. Insgesamt nahmen 160 Mitarbeiter aus Werk A und 249 Mitarbeiter aus Werk B an der Untersuchung teil. Die Stichprobe besteht zu über 90 Prozent aus männlichen Personen. Die Pilotbereiche in den jeweiligen Unternehmen sind die halbautomatisierte Montage von stufenlosen Getrieben (Werk A) und der Einbau des Kabelbaums in die Karosserie (Werk B).

Im Folgenden soll auf die Getriebemontage in Werk A eingegangen werden. Die Montage des Getriebes erfolgt auf einem in sich geschlossenen Montageband. Die Komponenten des Getriebes befinden sich auf einem Montageträger, der entkoppelt auf dem Bandsystem die einzelnen Stationen durchläuft. Innerhalb der Stationen

wird der Montageträger für die Montagearbeiten angehalten und nach Beendigung vom Werker und dem System freigegeben. Charakteristisch für die Tätigkeiten an den Stationen sind kurzzyklische Montagen.

3. Ergebnisse

3.1 Alter und Gesundheit

Im Rahmen der Analysen in Werk A konnten folgende Zusammenhänge mit dem Alter der Mitarbeiter gefunden werden, die auf Unterschiede zwischen jüngeren und älteren Mitarbeitern bezüglich ihrer Leistungsfähigkeit hinweisen. Es ließ sich zeigen, dass mit zunehmendem Alter die Arbeitsfähigkeit abnimmt: ältere Mitarbeiter schätzen ihre Arbeitsfähigkeit geringer ein als jüngere Mitarbeiter (vergleiche Tabelle 1 und 2).

Tabelle 1: Mittelwert (MW) und Standardabweichung (SD) des WAI nach Altersklassen (n =Stichprobengröße)

Arbeitsfähigkeit	Altersklassen								
	bis 35			36 - 45			über 45		
	MW	SD	N	MW	SD	N	MW	SD	N
WAI	37.2	4.2	61	35.4	5.5	57	34.0	4.3	52

Des Weiteren belegen die Ergebnisse, dass bei älteren Mitarbeitern, die Fähigkeit mit neuen Herausforderungen und Problemen umzugehen (vergleiche Tabelle 2), geringer ausgeprägt ist als bei jüngeren Mitarbeitern (Skala „Offensive Problembewältigung“). Da es sich bei den Arbeitsplätzen in der Montage um Tätigkeiten mit hohen körperlichen Belastungen handelt, sind darüber hinaus sportliche Ausgleichsaktivitäten wichtig. Es zeigte sich, dass ältere Mitarbeiter tendenziell weniger Sport treiben als jüngere (vergleiche Tabelle 2).

Tabelle 2: Korrelationen ($N=160$) zwischen Alter und den Gesundheitsindikatoren Arbeitsfähigkeit (WAI, Nubling et al. 2004), Offensiver Problembewältigung (AVEM, Schaarschmidt & Fischer, 1996) und sportlicher Aktivität (Woll et al. 2004) (* $p < .05$, ns = nicht signifikant)

Gesundheitsindikatoren	Korrelation
Arbeitsfähigkeit (Work Ability Index)	-.28*
Offensive Problembewältigung (AVEM)	-.18*
sportliche Aktivität	-.17 ns

Die ermittelten Zusammenhänge gehen in die gleiche Richtung wie die in der Kabelbaummontage erzielten Ergebnisse, sie sind allerdings teilweise weniger deutlich ausgeprägt (vgl. Frieling et al. 2007). Bezüglich subjektiver Beschwerden am Bewegungsapparat, erfasst über den nordischen Fragebogen zur Erfassung subjektiver Beschwerden am Bewegungsapparat (Kuorinka et al. 1987), konnten keine Unterschiede zwischen jüngeren und älteren Mitarbeitern gefunden werden.

3.2 Arbeitsbedingungen

Die Hebe- und Tragearbeit wurde an 13 Arbeitsplätzen mit dem NIOSH-Verfahren beurteilt (IAD-Toolbox, Schaub et al. 2004). Die Auswahl der Arbeitsplätze erfolgte aufgrund eines betriebsinternen Screenings. Die Auswertung ergab, dass lediglich 3 Arbeitsplätze bezüglich der Haupttätigkeit einen Risikoindex > 1 aufwiesen. Problemhaltiger stellen sich die Nebentätigkeiten der Stelleninhaber dar. Bezüglich der Materialbereitstellung weisen 10 Arbeitsplätze einen Risikoindex > 1 auf. Mit zunehmender Belastung durch Heben und Tragen sowie dysfunktionalen Körperhaltungen in der Berufsbiografie sinkt die aktuelle mit dem WAI gemessene Arbeitsfähigkeit der Stelleninhaber. Die durchschnittliche Verweildauer auf den Arbeitsplätzen ist mit 9 Jahren hoch. Der Rotationsumfang am Arbeitsplatz sinkt mit zunehmendem Alter. Tendenziell steigen mit zunehmendem Rotationsumfang die offensive Problembewältigung und die Arbeitsfähigkeit.

4. Handlungsfelder und Gestaltungsmaßnahmen

Gemeinsam mit dem industriellen Kooperationspartner werden Gestaltungsmaßnahmen in den Bereichen Technik, Organisation und Personal konzipiert. Im technischen Bereich steht die mikroergonomische Gestaltung der Arbeitsplätze im Vordergrund. Gemeinsam mit einer betrieblichen Projektgruppe wurden die folgenden Gestaltungsmaßnahmen ausgearbeitet und teilweise umgesetzt:

- Einsatz von funktionalen Lastenmanipulatoren,
- Austausch des Werkzeugs (z. B. Winkelschrauber gegen Stabschrauber an Seilbalancer fixiert),
- Optimierung der Materialbereitstellung (z. B. Schwerkraftrollenbahn für Materialbereitstellung verwenden, Elektrogabelhandhubwagen für die Materialbereitstellung einsetzen),
- Verwendung von Behälterhebegeräten,
- Notwendigkeit eines elastischen Bodenbelags für Steharbeitsplatz,
- Gestaltung als Sitzarbeitsplatz,
- Einsetzen eines Zweigelenkarmregals,
- Vergrößerung der Zeichendarstellung auf dem Monitor.

Insbesondere die Regalsysteme zur Materialbereitstellung wurden – im Rahmen der Einführung eines so genannten milkrun-Konzeptes - modifiziert. Die Evaluation erfolgt in der dritten Projektphase. Ferner wurden die Lastenhefte für Arbeitssystemlieferanten um das Kriterium „altersgerechte Systemgestaltung“ erweitert. Beispielsweise ist es nunmehr erforderlich darzulegen, inwieweit die Arbeit an einer Arbeitsstation auch im Sitzen ausgeübt werden kann.

Die potentiellen Veränderungen im organisationalen Teilsystem betreffen insbesondere die Frage der Verweildauer am Arbeitsplatz bzw. der Arbeitsstation sowie die zyklische und hierarchische Vollständigkeit der Tätigkeiten. Um anschlussfähige und bei den Mitarbeitern akzeptierte Rotationsmodelle innerhalb der Abteilungen und auch über diese hinweg (d. h. bezogen auf die Berufsbiografie) zu implementieren, ist in Workshops mit den Betriebsräten, den Personal- und Produktionsverantwortlichen die Ausarbeitung und Bewertung unterschiedlicher Modelle erforderlich. Derartige abteilungs- und berufsbiografiebezogene Rotationsmodelle führen nicht zwangsläufig zu einem Job Enrichment, weshalb Möglichkeiten der Integration von Sekundärtätigkeiten realisiert werden sollten. Im Sinne der altersgerechten Arbeitsgestal-

tung ist es erforderlich, zu identifizieren, inwieweit durch Zusatzaufgaben, wie Moderation der Gruppe, Erledigung von Aufgaben in der Logistik, dem Qualitätsmanagement, der Produkt- und Prozessoptimierung und der Auftragssteuerung eine phasenweise Entlastung von körperlich beanspruchenden Tätigkeiten realisiert werden kann.

Die im Mittel gering ausgeprägte sportliche Aktivität der Stelleninhaber in den Pilotbereichen stellt einen Ansatzpunkt für personale Gestaltungsmaßnahmen dar. Fraglich ist, inwieweit und in welcher Form die Betriebe Einfluss auf die sportlichen Aktivitäten ihrer Mitarbeiter nehmen können. Gemeinsam mit den Verantwortlichen aus der Personalabteilung, dem Gesundheitswesen und unter Konsultation des Betriebsrates werden Möglichkeiten diskutiert, wie sichergestellt werden kann, dass insbesondere der sportlich inaktive Personenkreis von betrieblichen Maßnahmen profitiert. Eine Schlüsselfunktion bei der Identifikation dieser Personen soll dabei dem Gesundheitswesen zukommen. Ein Diskussionspunkt wird sein, inwieweit Fitness-tests geeignet sind, gezielt sportliche Aktivitäten zu empfehlen. Ferner wird der Aspekt der projektübergreifenden, institutionalisierten Evaluation derartiger funktioneller Trainings von Bedeutung sein. Im Gegensatz zu Interventionen gegen Alkoholmissbrauch und Nikotinkonsum dürften Maßnahmen zur Ernährungsberatung eine hohe Anschlussfähigkeit im Betrieb aufweisen und eher zu realisieren sein. Eine einheitliche Vorgehensweise bei adipösen Mitarbeitern sollte in Absprache mit dem Gesundheitswesen realisiert werden. Dabei sollten „Bestrafungsaktionen“ unterbleiben, alleine schon um eine über den Pilotbereich hinausgehende Dissemination des Maßnahmenkatalogs nicht zu gefährden.

5. Literatur

1. Frieling, E., Buch, M., Weichel, J. & Urban, D. 2007, Altersgerechte Montage in der Automobilindustrie. In Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V. (Hrsg.), Die Kunst des Alterns. Dortmund: GfA-Press 101-113.
2. Frieling, E., Fölsch, T. & Schäfer, E. 2004, Berücksichtigung der Arbeitsstruktur der Bevölkerung in der Arbeitswelt von morgen. In: P. Speck (Hrsg.), Employability – Herausforderungen für die strategische Personalentwicklung. Konzepte für eine flexible, innovationsorientierte Arbeitswelt von morgen. München: Luchterhand, 311-326.
3. Nubling, M., Hasselhorn, H.M., Seitsamo, J. & Ilmarinen J. 2004, Comparing the use of the short and the long disease list in the Work Ability Index questionnaire. In: G. Costa, W.J.A. Goedhard & J. Ilmarinen (Eds.), Assessment and promotion of work ability, health and well-being of ageing workers, Proceedings of the 2nd International Symposium on Work Ability. Amsterdam: Elsevier.
4. Schaarschmidt, U. & Fischer, A. W. 1996, AVEM - Arbeitsbezogenes Verhaltens- und Erlebensmuster (Manual). Frankfurt am Main: Swets Testservices.
5. Schaub, K., Spelten, V. & Landau, K. 2004, IAD-Toolbox „Körperliche Arbeit“ (Version 2.1), Software des Instituts für Arbeitswissenschaft Darmstadt (IAD). Darmstadt: IAD.
6. Woll, A., Tittlbach, S., Schott, N. & Bös, K. 2004, Diagnose körperlich-sportlicher Aktivität, Fitness und Gesundheit. Berlin: dissertation.de (Internetverlag).
7. Kuorinka, I., Jonsson, B., Kilbom, A., Vinterberg, H., Biering-Sørensen, F., Andersson G. & Jorgensen, K. 1987, Standardised Nordic questionnaires for the analysis of musculoskeletal symptoms, Applied Ergonomics 18, 233–237.

Produktivitätsanspruch und Arbeitsplatzgestaltung - Widerspruch oder Ergänzung?

Ein Praxisbeitrag über eine neue Optimierungsmethode

Hans-Helmut BECKER und Stefan KREHER

Volkswagen AG, Werk Kassel, Postfach 1451, D-34219 Baunatal

Kurzfassung: Das Volkswagenwerk Kassel ist eines der größten Komponentenwerke weltweit. Allein der Getriebebereich deckt ca. 50% des Gesamtgetriebebedarfes des Volkswagen-Konzerns ab. Um im stetigen weltweiten Wettbewerb bestehen zu können, werden immer wieder Möglichkeiten der Produktkostenoptimierung gesucht – und gefunden. Eine Möglichkeit ist die frühe Einbindung der Mitarbeiter in der Gestaltung von Produktionsabläufen. Im Rahmen von 3P-Workshops (Production-Preparing-Process) werden im Volkswagenwerk Kassel frühzeitig bei neuen Produktanläufen alle Beteiligten zur Arbeitsplatzoptimierung eingebunden. Dabei werden sowohl ergonomische als auch kostenoptimierte Fertigungsprozesse gefunden und umgesetzt.

Schlüsselwörter: Produktentstehung, Fertigungsplanung, Mitarbeiterereinbindung.

1. Einleitung

Die Automobilindustrie steht unter einem globalen Wettbewerbsdruck, der insbesondere die deutschen Automobilhersteller zu großen Produktivitätsfortschritten zur Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit zwingt. Unter besonderem Fokus stehen die Komponentenwerke der OEM Hersteller, da diese im Wettbewerb zur freien Kfz-Zulieferindustrie stehen und selten produkttechnische Alleinstellungsmerkmale vorweisen können.

In diesem Spannungsfeld steht das Komponentenwerk Kassel der Volkswagen AG. An dem Standort werden Getriebe, Abgasanlagen, Press-, Karosserie- und Formhärteile sowie Gussteile aus Aluminium und Magnesium hergestellt.

Als Antwort auf den steigenden Wettbewerbsdruck finden bei Volkswagen Kassel klassische Instrumente der Prozessoptimierung ihre Anwendung, um das Ziel von 30% Produktivitätssteigerung in zwei Jahren zu erreichen.

Allerdings bleibt zu bilanzieren, dass mit den klassischen Optimierungsmethoden, wie KVP, Einbindung der Mitarbeiter durch Gruppenarbeit, Prozesskettenanalyse, etc. diese enormen Zielstellungen nicht zu erreichen sind. Die Antwort der Lean-Management-Berater sieht hierfür immer die Etablierung eines Produktionssystems analog des Toyota Produktionssystems vor.

Im Werk Kassel wird aber zusätzlich zur Implementierung des Volkswagen Produktionssystems seit Ende 2006 die bisher relativ unbekannte Methode der 3P-Workshops (Production-Preparing-Process) zur Prozessoptimierung angewandt.

2. 3P-Workshops

Im Rahmen von 5-tägigen 3P-Workshops (Production-Preparing-Process) werden Montagelinien und Einzelarbeitsplätze für künftige Produktneuanläufe im Rahmen des Produktentstehungsprozesses in Form von 1:1 Pappmodellen aufgebaut und im Verlauf des Workshops über die Suche von je sieben Alternativen optimiert.

Der Fokus eines 3P-Workshops liegt auf:

- Grobeintaktung, Aufbaureihenfolge entsprechend dem Grobablaufplan
- Arbeitsplatzgestaltung (Einflussgrößen), Ergonomiecheck, - Körperbewegungen, Arbeitshöhen, Greifräume, Körperkräfte u.a
- Einsatzmöglichkeiten für ältere Mitarbeiter und Leistungsgewandelte
- Verifizierung der Standardverdichtungswerte (für den Grobablaufplan)
- Aufteilung der Arbeitsinhalte (Grundprinzip „Eintakter“), Werkerkollisionen
- Evtl. anfallende Prozesszeiten, Wartezeiten
- Die erforderlichen Bauteile / Montagegerechte Konstruktion (Wertschöpfung)
- Die Art der Materialbereitstellung ausgehend vom Bedarf des Werkers
- Behältergröße und die dazu erforderlichen Regale, Anordnung im Takt
- Betriebsmittel / Hilfsmittel (mitfahrende Wagen, Montagekisten, Werkzeugablagen, etc.)
- Gegenseitige Behinderung von Werkern
- Produktgestaltung, Fügerichtung, Bauteil (one touch-one motion)

Die zuständigen Planer liefern grundsätzlich immer die Ausgangsbasis im Rahmen ihrer planerischen Arbeit für einen 3P-Workshop. Diese Ausgangsbasis wird im Workshop gemeinsam mit den Montagewerkern aus dem zugehörigem Fertigungsbereich, Logistikern, Produktentwicklern und Mitarbeitern des Industrial Engineering umgestaltet und optimiert. Dabei kommt es zu revolutionären Veränderungen in der Gestaltung der Arbeitsplätze.

Die aufgebauten Pappmodelle dienen den Anlagenherstellern als eine Art Lastenheft zur Erstellung der neuen Produktionsanlagen. Dabei war es für Volkswagen Kassel nicht einfach, bestehende Anlagenlieferanten von dieser neuen Art der Planung zu überzeugen.

Der Schwerpunkt eines 3P-Workshops kann neben der Gestaltung der Arbeitsplätze auch auf der produktionsoptimierten Gestaltung des zu produzierenden Produktes liegen. In solch einem Fall wird der 3P-Workshop zu einem sehr frühen Zeitpunkt des Produktentstehungsprozesses durchgeführt. Durch das frühe Zusammentreffen der Produktentwickler mit den Mitarbeitern der Produktion und Logistik wird der Versuch unternommen, das Produkt hinsichtlich seiner Produzierbarkeit zu optimieren. Die Produktentwickler können somit noch Änderungen am Design des Produktes vornehmen. Daher kann eine kostengünstige und fertigungsgerechte Produktgestaltung verwirklicht werden. Die Zahl der Kosten treibende Änderungsanträge im Verlauf eines Produktlebenszyklus kann auf diese Weise reduziert werden.

In Abbildung 1 ist der Standardablauf eines 3P-Workshops dargestellt:

Am ersten Tag findet neben einer klassischen Workshopöffnung (Vereinbarung von Spielregeln etc.) auch eine Zerlegung des Produktes statt. Durch dieses Vorgehen wird sichergestellt, dass jeder Teilnehmer die Komplexität des Produktes und die erforderlichen Fertigungsprozesse tatsächlich praktisch „erfährt“ und nicht nur im Sinne eines klassischen Vortrages. Dabei wird automatisch auch eine Funktionsbeschreibung des Produktes erstellt.

Zu den „erfahrenen“ Zerlegungsprozessen werden dann 7 Alternativen des Fertigungsprozesses gesucht. Dabei wird durch die Moderatoren die Kreativität der Teil-

nehmer durch Verweis auf Naturbeispiele gefördert. Fragestellungen sind dabei z.B. wie würde in der Natur ein ähnlicher Prozess abgebildet?

Montag	Dienstag	Mittwoch	Donnerstag	Freitag
Einführung	Ziellayout für realistisches Layout Logistik Vorbereitung Simulation	Realistisches Layout Simulation I	Simulation II Ergebnis- absicherung	Ergebnis- absicherung Ergebnis- darstellung Präsentation
Projekt- vorstellung				
IST-Analyse				
Ideal- layouterstellung				

Abbildung 1: Standardablauf eines 3P-Workshops in der Wochenübersicht

Zu den „erfahrenen“ Zerlegungsprozessen werden dann 7 Alternativen des Fertigungsprozesses gesucht. Dabei wird durch die Moderatoren die Kreativität der Teilnehmer durch Verweis auf Naturbeispiele gefördert. Fragestellungen sind dabei z.B. wie würde in der Natur ein ähnlicher Prozess abgebildet?

Danach erfolgt am zweiten Tag ein Abgleich zwischen den Alternativen und schließlich eine Auswahl der besten drei Alternativen.

Am dritten Tag erfolgt die erste Simulation der ausgewählten Alternativen am Pappmodell. Der vierte und fünfte Tag dient dann der Sammlung von Daten (z.B. Zeiten, Standardarbeitskombinationsblatt, Qualitätsdaten, etc.) und schließlich das ständige Optimieren der Alternativen bis zur Auswahl der vermeintlichen besten Alternative.

Nicht selten optimieren die beteiligten Workshopteilnehmer nach Workshopende in Eigeninitiative an den erstellten Pappmodellen weiter und kommen so zu immer besseren Ergebnissen. Die Dynamik solcher Workshops ist auch für die Planer eine wertvolle Unterstützung und der Einstieg in einen kontinuierlichen Verbesserungsprozess bereits in der Planungsphase von neuen Produkten.

3. Ergebnisse

Durch die intensive Einbindung der betroffenen Mitarbeiter - bereits in der frühen Phase des Produktplanungsprozesses - können viele gemachte Erfahrungen der Mitarbeiter aus ihrer bisherigen Arbeitsumgebung mit einfließen. Des Weiteren können durch die 3P-Workshops die späteren Fertiger über die beteiligten Entwickler Einfluss auf eine fertigungsgerechte Gestaltung des Produktes nehmen.

Die Zufriedenheit der Mitarbeiter steigt durch die 3P-Workshops erheblich. Zu Beginn eines Workshops herrscht immer eine gewisse Skepsis gegenüber dieser neuen Optimierungsmethode. Äußerungen wie „wir sind doch hier nicht im Kindergarten“ sind nicht selten, wenn es um den 1:1 Aufbau von Fertigungsabläufen durch Pappmodelle geht.

Doch im Verlauf des Workshops (meistens am dritten/vierten Workshoptag) verändert sich die Einstellung der Teilnehmer enorm. Die anfängliche Skepsis weicht einer dynamischen Tüftlermentalität, die eine enorme Kreativitätskraft entfaltet.

Besonders die beteiligten Montagewerker aus der Produktion fühlen sich oft erstmals „richtig“ zugehörig. Vor allem dann, wenn noch Veränderungen am Produkt hinsichtlich der besseren Produzierbarkeit des Produktes vorgenommen werden. Letztlich besteht für die betroffenen Werker bei dieser Optimierungsmethode erstmals die Möglichkeit frühzeitig miteingebunden zu sein.

Dies alles führt bisher zu sehr guten Workshopergebnissen sowohl hinsichtlich der Produktivitätsziele als auch einer ergonomisch optimierten Arbeitsgestaltung für die einzelnen Fertigungsmitarbeiter. Ein Widerspruch zwischen Produktivität und ergonomischer Arbeitsplatzgestaltung lässt sich somit in der Unternehmenspraxis nicht erkennen.

Partizipative Layoutplanung als Werkzeug zur ergonomischen Arbeitsplatzgestaltung

Uwe DOMBROWSKI und Sibylle HENNERSDORF

*Institut für Fabrikbetriebslehre und Unternehmensforschung,
Technische Universität Braunschweig,
Langer Kamp 19, D-38106 Braunschweig*

Kurzfassung: Sich kontinuierlich verändernde Rahmenbedingungen für Produktionsunternehmen führen in den Produktionsstätten zu einer hohen Frequenz an Tuning- und Anpassungsmaßnahmen im laufenden Betrieb. Die Planung von Fabriken ist kein einmaliger Prozess mehr, sondern eine ständige Aufgabe. Vor diesem Hintergrund stehen die Verantwortlichen durch die hohe Komplexität der Wechselwirkungen zwischen Mensch, Organisation und Technik bei der Fabrikplanung vor großen Herausforderungen. Die Anforderungen nach hoher Wertschöpfung im Produktionsprozess erfordern die Integration der in der Produktion beteiligten Mitarbeiter sowie deren Arbeitsplätze. Um bei der Arbeitsplatzgestaltung den Anforderungen nach optimaler Funktionalität und Ergonomie in den kurzen Planungszyklen bestmöglich nachkommen zu können, ist ein fundiertes Wissen über Abläufe, Funktionsweise der technischen Ausrüstung des Arbeitsplatzes und Optimierungspotenziale erforderlich. Partizipative Layoutplanung mit speziellen Planungswerkzeugen ermöglicht die Einbindung von häufig vernachlässigten Experten für die Arbeitsplatzgestaltung - den Produktionsmitarbeitern.

Schlüsselwörter: Partizipative Layoutplanung, Fabrikplanung, Arbeitsplatzgestaltung.

1. Einleitung

Produktionsunternehmen sehen sich einem stetig wachsenden Druck durch turbulente und dynamische Märkte ausgesetzt (Westkämper & Winkler 2002). Die aus der andauernden Veränderung und der wirtschaftlichen Anforderung nach maximaler Wertschöpfung resultierenden kürzeren Lebenszyklen der zugehörigen Fertigungs-, Montage- und Logistiksysteme sowie der gesamten Gebäudestruktur lässt die Bedeutung der Fabrikplanung immer weiter zunehmen (Wiendahl et al. 2002; Wiendahl & Hernández 2002). Resultate sind kurze Fabrik- und Produktionsanlagen-nutzungszeiten und Forderungen nach schnellen und kostenoptimierten Umplanungs- und Restrukturierungsmaßnahmen des Fabrikbetriebs (Dombrowski & Quack 2007). Aus diesem Grund ist jedes Unternehmen dazu gezwungen den Ort der Leistungserstellung, die Fabrik und damit einhergehend das Fabriklayout, grundlegend und kontinuierlich zu analysieren und auf die zu erwartenden Marktbedingungen auszurichten.

Den dabei zu berücksichtigenden Wechselwirkungen zwischen Mensch, Organisation und Technik begegnen seit den 1990er Jahren immer mehr deutsche Unternehmen indem sie Ganzheitliche Produktionssysteme (GPS) implementieren. Im Rahmen der sowohl in der Industrie als auch in der Forschung intensiv geführten Diskus-

sion über GPS wird zunehmend deutlich, dass den in der Produktion beteiligten Mitarbeitern sowie deren Arbeitsplätzen besondere Bedeutung zukommt. (Fraunhofer IAO et al. 2007) Die Gestaltung der Arbeitsplätze mit dem Ziel den größten Nutzen aus den menschlichen Kapazitäten zu ziehen, ohne menschliche Grenzen zu überschreiten, ist daher eine wichtige Aufgabe der Layoutplanung (Luczak et al. 1987).

Um bei der Arbeitsplatzgestaltung optimale Funktionalität und Ergonomie in den kurzen Planungszyklen realisieren zu können, ist ein fundiertes Wissen über Abläufe, Funktionsweise der technischen Ausrüstung des Arbeitsplatzes und Optimierungspotenziale erforderlich. Partizipative Layoutplanung ermöglicht die Einbindung von häufig vernachlässigten Experten für die Arbeitsplatzgestaltung - den Produktionsmitarbeitern. Zudem kann die Beteiligung der betroffenen Mitarbeiter dem zu beobachtenden Abwehrverhalten bei Veränderungen entgegenwirken (vgl. Rauterberg et al. 1994).

Das Institut für Fabrikbetriebslehre und Unternehmensforschung (IFU) erforscht Werkzeuge, welche die interaktive und intuitive Layoutplanung unterstützen. So wird die optimale Nutzung des bestehenden Wissens sowohl der "klassischen" Planungsabteilungen als auch von Mitarbeitern ohne spezielles Planungswissen im Unternehmen ermöglicht.

2. „Klassische“ Werkzeuge der Partizipativen Layoutplanung

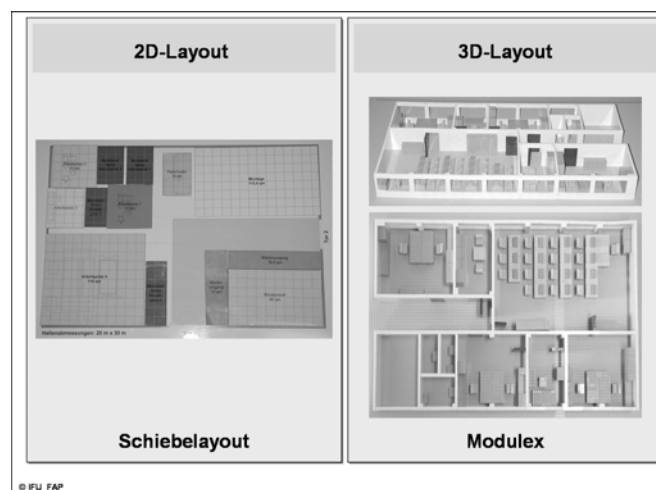


Abbildung 1: Schiebelay-out und Modu-lex.

Der Begriff „Layout“ beschreibt die Anordnung von betrieblichen Funktionseinheiten. Der Name leitet sich von dem auch heute noch häufig angewandten „Auslegeverfahren“ (to lay out = auslegen) ab. Dieses Verfahren ist ebenfalls als Schiebelay-out bekannt, bei dem ein maßstabsgerechter Hallenplan mit Papierschablonen der anzuordnenden Betriebsmittel ausgelegt wird (Kettner et al. 1984). Neben der Planung mittels Schiebelay-out in 2D ist zu den klassischen, nicht IT-basierten Werkzeugen Modu-lex zu zählen (vgl. Abbildung 1). Modu-lex ist ein maßstäbliches 3D-Baukastensystem, das an das Lego-Prinzip erinnert. Der Vorteil liegt darin, dass beim Modellbau auf vorgefertigte Elemente zurückgegriffen werden kann.

Neben der Darstellung von Planungsergebnissen ist Ziel des Einsatzes beider Werkzeuge - im Vergleich zu einer statischen Zeichnung - insbesondere die Möglichkeit der Entwicklung von Layoutvarianten mit mehreren Beteiligten. Für den methodischen Einsatz in der Praxis ist vor der Durchführung eines partizipativen Planungs-

workshops bei beiden Werkzeugen der zu betrachtende Gebäudebereich zu modellieren. Dabei ist darauf zu achten, dass der Bereich übersichtlich und transparent bleibt. Bei einer hohen Planungskomplexität und Vielzahl an zu berücksichtigenden Randbedingungen und Einflussfaktoren (Planungsumfang) stößt dieses Verfahren schnell an seine Grenzen, so dass es nur für kleine Planungsbereiche sinnvoll und ergebnisorientiert angewendet werden kann. Weitere Nachteile liegen in der datentechnischen Erfassung des jeweiligen Planungsstands. Dieser kann nur mit Hilfe von Fotografien oder der händischen und zeitintensiven Übertragung in ein CAD-System bewerkstelligt werden. Ersteres ist zwar schnell realisierbar, erlaubt jedoch nicht die spätere Weiternutzung. Ein weiterer äußerst wichtiger Punkt ist die eingeschränkte Vergleichbarkeit verschiedener Planungsstände, -szenarien oder Gestaltungsvarianten untereinander oder mit dem ursprünglichen Layout. Aus diesen Gründen kommen heute vermehrt IT-gestützte Werkzeuge zur Anwendung. Aktuelle Forschungsergebnisse des IFU resultieren zum einen in der kontinuierlichen Weiterentwicklung des Partizipativen Planungstischs sowie in der Adaption der Virtual Reality (VR) auf die Anforderungen bei der Layoutplanung.

3. IT-gestützte Werkzeuge der Partizipativen Layoutplanung

Der Partizipative Planungstisch stellt die konsequente Weiterentwicklung des klassischen 2D-Schiebelayouts dar. Die Kernelemente des am IFU entwickelten Planungstischsystems sind die stationäre und mobile Ausführung des InteracTable®, welche durch die integrierten hochauflösenden Großbildschirme in Verbindung mit der Touchscreen-Oberfläche die 2D-Layoutplanung (Schiebelayout) ermöglichen. Zusätzlich zu den 2D-Funktionalitäten können durch die Anbindung eines mobilen VR-Systems bereits während der Planung erste dreidimensionale Eindrücke über räumliche Verhältnisse gewonnen werden (vgl. Abbildung 2).

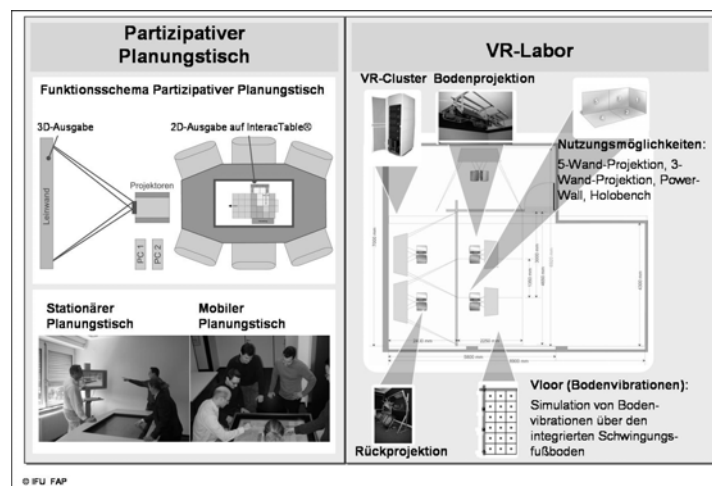


Abbildung 2: Partizipativer Planungstisch und VR-Labor

Im Vergleich zu dem klassischen Schiebelayout ermöglicht der Einsatz des Partizipativen Planungstischs die kontinuierliche Speicherung verschiedener Planungsstände. Des Weiteren besteht die Möglichkeit verschiedene Planungsprämissen und Hinweise zu hinterlegen. Beispielsweise können Start- und Zielknoten für Material-, Kommunikations- und/oder Energieflussbeziehungen in Form einer Matrix sowie gesetzliche Restriktionen, wie z.B. die Arbeitsstättenrichtlinie, in der verwendeten Soft-

ware hinterlegt werden. Diese dienen bei einem Planungsworkshop zur Absicherung der übergeordneten Prämissen sowie der Einhaltung gesetzlicher Bestimmungen. Aus der Beziehungsmatrix kann zudem eine Nutzwertanalyse für jedes Layout erstellt werden.

Bei der Planung eines Layouts unterstützt die Möglichkeit der 3D-Ausgabe die Vorstellungskraft, jedoch erlaubt die Nutzung des Planungstisches nicht die Immersion, d.h. das Eintauchen in den zu planenden Bereich. Dies ist jedoch beispielsweise für die Planung eines sowohl für stehend als auch für sitzend arbeitende Mitarbeiter geeigneten Arbeitsplatzes an einem Umlaufregal notwendig. In dem am IFU eingesetzten VR-Labor (vgl. Abbildung 2) ist es möglich das Umlaufregal darzustellen und in einem realen Maßstab Möglichkeiten der Gestaltung des Arbeitsplatzes (wie z.B. Aktionsradien) gemeinsam mit den betroffenen Mitarbeitern interaktiv zu planen.

4. Zusammenfassung und Ausblick

Um auch in Zukunft im globalen Wettbewerb bestehen zu können, werden produzierende Unternehmen zunehmend gefordert sein, optimale Arbeitsumgebungen für die in der Produktion beschäftigten Mitarbeiter bereitzustellen. Dabei ist es notwendig insbesondere das bisher nur unzureichend berücksichtigte Wissen der Produktionsmitarbeiter zu nutzen. Die vorgestellten „klassischen“ Werkzeuge der partizipativen Layoutplanung werden auch in Zukunft bei der Planung kompakter und übersichtlicher Arbeitsumgebungen eingesetzt werden. Bei zunehmender Planungsgeschwindigkeit und -komplexität werden jedoch verstärkt IT-gestützte Werkzeuge zur Anwendung kommen. Zur Bewältigung der zukünftigen Herausforderungen forscht das IFU aktuell u. a. an weiteren intelligenten Lösungen für den Partizipativen Planungstisch sowie im Bereich der Simulation von Bodenvibrationen in der VR, um Schädigungen für den Menschen schon in der Planungsphase zu eliminieren und negativen Auswirkungen auf die Betriebsmittel entgegenwirken zu können.

5. Literatur

1. Dombrowski, U. & Quack, S. 2007, Erfolgreiche Restrukturierungsprojekte durch Mitarbeiterpartizipation, ZWF – Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, 9, 568-571.
2. Fraunhofer Institut Arbeitswirtschaft und Organisation, MTM, IfaA, REFA, Produktion & information center (Hrsg.) 2007, Die Kraft der 2. Lean-Welle. Ludwigsburg: Tagungsband der Konferenz.
3. Kettner, H., Schmidt, J. & Greim, H.-R. 1984, Leitfaden der systematischen Fabrikplanung. München: Hanser.
4. Luczak, H., Volpert, W., Raeithel, A. & Schwier, W. 1987, Arbeitswissenschaft, Kerndefinition-Gegenstandskatalog-Forschungsgebiete, Köln: RKW.
5. Rauterberg, M., Spinass, P., Strohm, O., Ulich, E. & Waeber, D. 1994, Benutzerorientierte Software-Entwicklung. Zürich: vdf.
6. Westkämper, E. & Winkler, R. 2002, Praxisbeispiel und Nutzen der objektorientierten Konzeption für die Fabriksimulation: Flexibilität und Wandlungsfähigkeit als Anforderung an Fabrikstrukturen und Produktionssysteme, wt-Werkstattstechnik online, 3, 52-56.
7. Wiendahl, H.-P. & Hernández, R. 2002, Fabrikplanung im Blickpunkt: Herausforderung: Herausforderung Wandlungsfähigkeit, wt-Werkstattstechnik online, 4, 133-138.

Statische Maximalkraftwerte für realtypische Kraftausübungen des Arm- Schulter- und Ganzkörpersystems für einen montagespezifischen Kraftatlas

Jurij WAKULA, Knut BERG und Karlheinz SCHAUB

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

Kurzfassung: Statische Maximalkraftwerte des Arm- Schulter- und Ganzkörpersystems wurden für 54 realtypische Ausübungsfälle bei 272 männlichen Arbeitspersonen in sechs Unternehmen aus der Automobilindustrie gemessen und analysiert. Die Ergebnisse werden im "Montagespezifischen Kraftatlas" zusammengefasst. Diese können bei der Planung industrieller Arbeitsplätze und bei der Gefährdungsanalyse als quantitative Orientierungsgrundlage dienen.

Schlüsselwörter: Maximale isometrische Ganzkörperkräfte, realtypische Arbeitshaltungen.

1. Einleitung

Der montagespezifische Kraftatlas entstammt dem Bedürfnis der Industrie nach belastbaren Planzahlen zur Ermittlung maximal empfohlener Kraftwerte des Schulter-Arm sowie Ganzkörpersystems einerseits und des Hand-Fingersystems andererseits. Die klassischen nationalen „Grenzkraftverfahren“, wie sie von Burandt und Schultetus bei Siemens entwickelt wurden (1978), liefern dabei nur begrenzt Hilfestellung, da sie ebenso wie die existierenden deutschen Kraftnormen – DIN 33411 – im Wesentlichen von aufrecht stehenden Körperhaltungen ausgehen. Gerade in der PKW- und Nutzfahrzeugindustrie, aber auch in der Luftfahrtindustrie, auf den Werften oder im Waggonbau bedingt die Produktgeometrie Kraftausübungsfälle, die mit ungünstigen Körperhaltungen kombiniert sind. Diese Lücke sollte der montagespezifische Kraftatlas schließen, in dem statistisch gesicherte Maximalkraftwerte für ausgewählte realtypische Kraftausübungen des Schulter-Arm und Ganzkörpersystems sowie des Hand-Fingersystems ermittelt und diese einem Bewertungsverfahren zur Ermittlung von maximal empfohlenen Kraftwerten zugeführt werden. Letzteres soll die mit den bestehenden Grenzkraftverfahren gesammelten Erfahrungen ebenso berücksichtigen, wie neuere Ansätze und Vorgehensweisen insbesondere im Bereich der europäischen und internationalen Normung.

2. Methodik

In der Projektanfangsphase wurde das Messkonzept in Anlehnung an Kroemer (1977) erarbeitet. Für die Kraftmessungen wurde das subjektiv / direkte Verfahren ausgewählt. Dabei handelt es sich um das klassische Verfahren zur Ermittlung der maximalen Aktionskraft, indem die Versuchsperson auf ein „Dynamometer“ einwirkt. Die Messungen der isometrischen dreidimensionalen Schulter-Arm-Ganzkörperkräfte erfolgten mit am Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (BGIA) entwickelten Kraftmessgriffen auf piezo-elektrischer Basis (Glitsch

u.a. 2008). Die beiden Kraftgriffe waren vertikal an ein Kraftmessgestell mit variabler Höheneinstellung in einem horizontalen Abstand von 400 mm montiert (s. Abb.1).



Abbildung 1: Mobiles und modulares Messsystem zur Messung von isometrischen dreidimensionalen Schulter-Arm –Ganzkörperkräften

		aufrecht	Rumpf- drehung	neigung	d & n
	A ⁺ :	X			
	A ⁻ :	X			
	B ⁺ :	X			
	B ⁻ :	X			
	C ⁺ :	X			
	C ⁻ :	X			
aufrecht stehend					
	A ⁺ :	X			
	A ⁻ :	X			
	B ⁺ :	X			
	B ⁻ :	X			
	C ⁺ :	X			
	C ⁻ :	X			
aufrecht knieend					
	A ⁺ :	X			
	A ⁻ :	X			
	B ⁺ :	X			
	B ⁻ :	X			
	C ⁺ :	X			
	C ⁻ :	X			
gebeugt knieend					
	A ⁺ :	X			
	A ⁻ :	X			
	B ⁺ :	X			
	B ⁻ :	X			
	C ⁺ :	X			
	C ⁻ :	X			
aufrecht sitzend					
	A ⁺ :	X			
	A ⁻ :	X			
	B ⁺ :	X			
	B ⁻ :	X			
	C ⁺ :	X			
	C ⁻ :	X			
gebeugt sitzend					
	A ⁺ :	X			
	A ⁻ :	X			
	B ⁺ :	X			
	B ⁻ :	X			
	C ⁺ :	X			
	C ⁻ :	X			
überkopf sitzend					
	A ⁺ :	X			
	A ⁻ :	X			
	B ⁺ :	X			
	B ⁻ :	X			
	C ⁺ :	X			
	C ⁻ :	X			
überkopf knieend					
	A ⁺ :	X			
	A ⁻ :	X			
	B ⁺ :	X			
	B ⁻ :	X			
	C ⁺ :	X			
	C ⁻ :	X			
überkopf stehend					

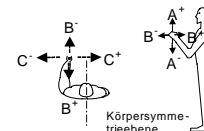


Abbildung 2: Für die Messungen in den Betrieben ausgewählte Kraftfälle

Am IAD wurde eine Software entwickelt, um die Kraftwerte in einer Datenbank abzuspeichern und auszuwerten. Basierend auf den Rückmeldungen der Industriepartner wurden 54 Kraftfälle (neun real-typische Körperhaltungen mit je sechs Krafrichtungen: $\pm A$, $\pm B$, $\pm C$) für die isometrischen Ganzkörperkraftmessungen in der Praxis ausgewählt. Diese Kraftfälle wurden in Laborversuchen am IAD hinsichtlich der Reproduzierbarkeit analysiert und beurteilt.

Isometrische Ganzkörperkräfte wurden bei 272 männlichen Arbeitspersonen in sechs Unternehmen: BMW, DC, Ford, MAN, Opel, VW mit einer Wiederholung gemessen. Das Probandendurchschnittsalter betrug $38,6 \pm 2,8$ Jahre, Durchschnittskörpergröße war $178,7 \pm 9,9$ cm und Durchschnittsgewicht - $86,4 \pm 7,8$ kg.

In jeder Versuchseinstellung musste die Versuchsperson ihre maximale statische Kraft über eine Zeitdauer von ca. 4 sek. in die geforderte Richtung ausüben. Nach einer Pause von ca. 1,5 Minuten folgte eine nächste Messung, so dass insgesamt von jedem Probanden 108 Maximalkraftausübungen zu erbringen waren. Zwischen

den Messungen wurden 2-3 längere Pausen (ca. 10 Minuten) angelegt. Die Dauer für alle Messungen betrug mit Pausen ca. 4 Stunden. Die Probanden erschienen zu den Messungen jeweils in Gruppen von 5 bis 6 Personen.

Parallel zu den Messungen in den Betrieben wurden Laborstudien zur Frage des Einflusses von Körperverdrehungen u. Seiteneigungen, individuelle Haltungsvariationen am IAD und BGIA durchgeführt (Glitsch et al. 2008). Die hier vorgestellten Ergebnisse stellen einen Zwischenstand der derzeit noch laufenden Auswertungen dar.

3. Ergebnisse

Der Maximalkraftwert wurde zum Zeitpunkt des Maximums des gleitenden Mittelwertes der Aktionskraft über ein 1,5s-Intervall bestimmt.

Abbildung 3 stellt die isometrischen Maximalkräfte in zwei Richtungen $\pm A$ in Abhängigkeit vom Alter dar.

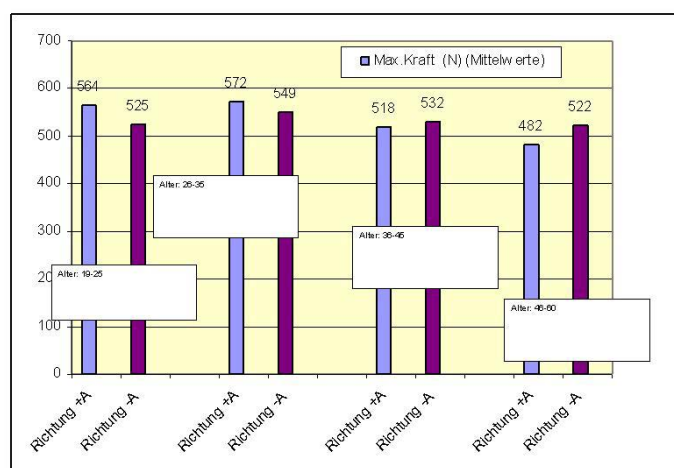


Abbildung 3: Isometrische Maximalkräfte in Richtungen $\pm A$ in Abhängigkeit vom Alter (für die praktische Anwendung sind die perzentilierten Werte der Maximalkräfte von Bedeutung)

In der Abbildungen 4 und 5 sind beispielhaft die perzentilierten Kraftwerte für die Krafrichtungen $\pm A$ in Abhängigkeit von der Körperhaltung (stehend: aufrecht, gebeugt und Überkopf) dargestellt.

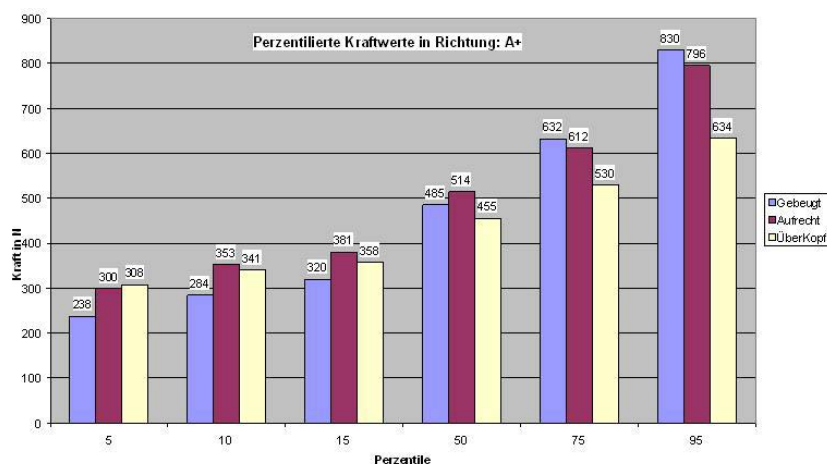


Abbildung 4: Perzentilierte Maximalkräfte für die Krafrichtungen $\pm A$: drücken nach unten

Dabei wurden die 272 Arbeitspersonen in vier Altersgruppen aufgeteilt. Wie erwartet sinkt die Maximalkraft mit dem steigenden Alter ab, wobei diese Tendenz von den Krafrichtungen abhängig ist.

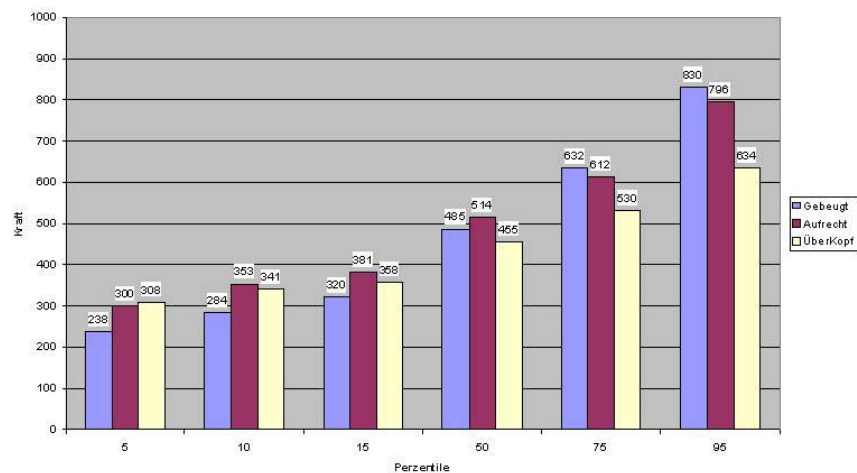


Abbildung 5: Perzentilierte Maximalkräfte für die Krafrichtungen –A drücken nach oben

Die größten Werte werden hier in der Haltung „aufrecht Stehend“ erreicht.

Für die industrielle Anwendung sind die Werte des 15. Perzentils wichtig, um einem größeren Anteil der Beschäftigten (>85%) die Ausübung von kraftbetonten Tätigkeiten zu ermöglichen, ohne Risiko der Entstehung von musculo-skeletalen Beschwerden. Nach Ergebnissen aus unserer Studie bedeutet dies für die Richtung +A (drücken nach unten) Kräfte in der Höhe von ca. 320 N bis ca. 380 N. Beim Drücken nach oben (Richtung: -A) werden in der Haltung „Stehend aufrecht“ höhere Kräfte aufgebracht (bis ca. 410 N). Beim Vergleich der Ergebnisse hinsichtlich aller Krafrichtungen werden die höchsten isometrischen Kräfte erwartungsgemäß in Richtung –B (drücken nach vorn) aufgebracht (vgl. Abbildung 6 und 7).

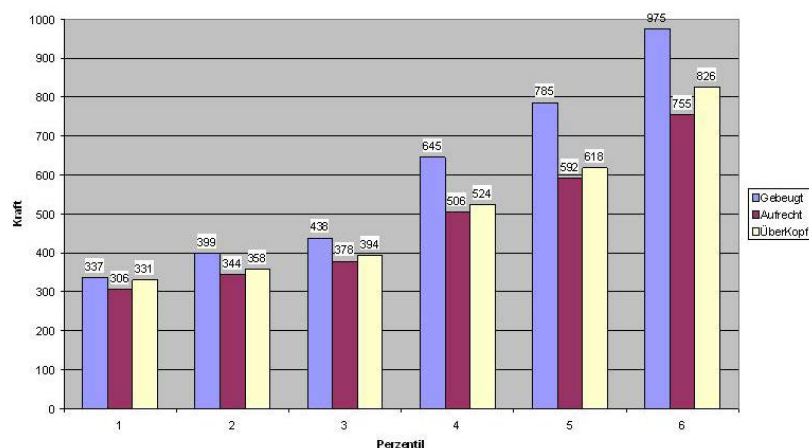


Abbildung 6: Perzentilierte Maximalkräfte in Richtungen –B (drücken nach vorn)

Die gewonnenen perzentilierten Maximalkraftwerte werden für analysierte Kräftfälle in einem Entwurf des montagespezifischen Kraftatlas zusammengefasst und den Industriepartnern zur Verfügung gestellt. Nach der weiteren statistischen Auswertung werden gewonnene Ergebnisse hinsichtlich verschiedener Fragestellungen und Merkmale analysiert. Statistisch gesicherte isometrische Maximalkraftwerte werden

einem Bewertungsverfahren zur Ermittlung von maximal empfohlenen Kraftwerten zugeführt.

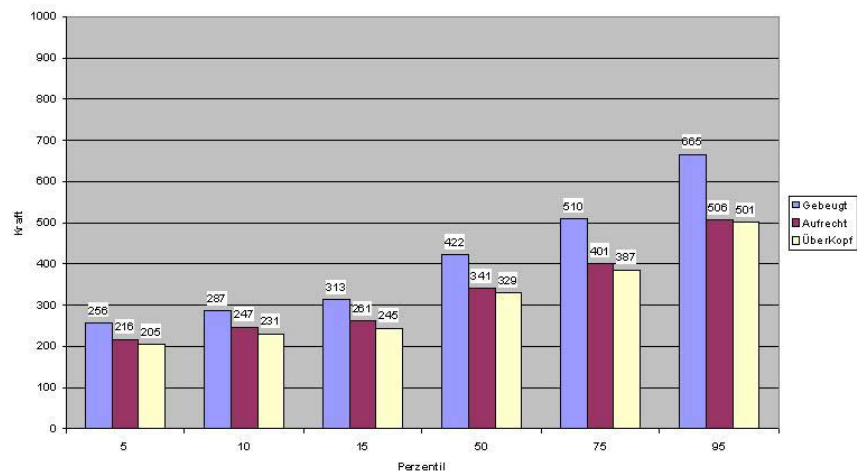


Abbildung 7: Perzentilierte Maximalkräfte in Richtungen +B (ziehen nach hinten)

4. Literatur

1. DIN 33411: 1987, Körperkräfte des Menschen, Teil 4, Maximale statische Aktionskräfte (Isodyn) Berlin: Beuth.
2. Glitsch, U., Ellegast, R., Schaub, Kh., Wakula, J. & Berg, K. 2008, Biomechanische Analyse von Ganzkörperkräften in unterschiedlichen Körperhaltungen. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg.), Produkt- und Produktions-Ergonomie – Aufgabe für Entwickler und Planer. Dortmund: GfA Press, 423-428.
3. Kroemer, K.H.E. 1977, Die Messung der Muskelkräfte des Menschen, Fb. Nr.161. Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Unfallforschung.
4. Siemens 1978, Anhaltswerte für zulässige Körperkräfte. In: Siemens, Daten und Hinweise zur Arbeitsgestaltung, Siemens firmeninterne Arbeitsunterlage, Kapitel 1. Erlangen: Siemens.

Forschungsvorhaben „Der montagespezifische Kraftatlas“ wird aus Mitteln des Forschungsfonds des Hauptverbandes der gewerblichen Berufsgenossenschaften e.V. (HVBG) gefördert.

Biomechanische Analyse von Ganzkörperkräften in unterschiedlichen Körperhaltungen

Ulrich GLITSCH¹, Rolf ELLEGAST¹, Karlheinz SCHAUB², Jurij WAKULA²
und Knut BERG²

¹ *Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung – BGIA,
Alte Heerstraße 111, D-53757 Sankt Augustin*

² *Institut für Arbeitswissenschaft, Technische Universität Darmstadt,
Petersenstraße 30, D-64287 Darmstadt*

Kurzfassung: Maximale statische Kraftausübungen wurden in symmetrischen und asymmetrischen Arbeitshaltungen biomechanisch analysiert. Dabei wurden die Ganzkörperkräfte, die Körperhaltungen und die Gelenkmomente der Schulter und der Lendenwirbelsäule bestimmt. Die Studienergebnisse sollen im "Montagespezifischen Kraftatlas" zusammengefasst werden, um bei der Planung industrieller Arbeitsplätze und bei der Gefährdungsanalyse als quantitative Orientierungsgrundlage dienen zu können.

Schlüsselwörter: Maximalkräfte, Arbeitshaltung, Gelenkmomente, Muskel-Skelettbelastung.

1. Einleitung

Die in der Normung und Literatur genannten maximalen statischen Aktionskräfte des Menschen beziehen sich überwiegend auf die Ausübung in annähernd aufrechter Körperhaltung. In industriellen Fertigungsprozessen müssen Körperkräfte jedoch häufig in nicht aufrechten Körperhaltungen mit Gelenkstellungen außerhalb der Neutralstellungen ausgeübt werden. Ziel des Projektes ist es, Ganzkörperkräfte (DIN 33411-1) und die damit verbundenen inneren Muskel-Skelett-Belastungen für realtypische Haltungen und Anwendungsfälle in unterschiedlichen Arbeitshöhen und Kraftrichtungen unter Laborbedingungen zu ermitteln. Diese Studie steht in engem Zusammenhang mit einer groß angelegten Feldstudie mit rund 270 Werkern aus der Automobilindustrie (Wakula et al. 2008), wo ausschließlich die Aktionskräfte gemessen werden konnten. Die hier vorgestellten Ergebnisse stellen einen Zwischenstand der derzeit noch laufenden Auswertungen dar.

2. Methode

Die Messung der Ganzkörperkräfte erfolgte mit am BGIA entwickelten Kraftmessgriffen auf piezo-elektrischer Basis. Hierbei werden die Kräfte für beide Hände getrennt in drei Raumrichtungen gemessen. Die beiden Kraftgriffe waren vertikal an ein Profilrahmengestell mit variabler Höheneinstellung in einem horizontalen Abstand von 400 mm montiert.

Zeitsynchron mit der Kraftmessung wurde die Körperhaltung dreidimensional mit einem 8-Kamera-Vicon-System mit 100 Bildern/Sekunde erfasst. Der Analyse lag in Anlehnung an das Modell von Winter (2005) ein 15gliedriges biomechanisches Modell des Muskel-Skelettsystems zugrunde, das die Berechnung der Gelenkmomente

(Netto-Muskelkraftmomente) dreidimensional ermöglichte (Winter 2005). Im Zentrum dieser Studie stand die Betrachtung der Gelenkmomente der Schultergelenke und der Lendenwirbelsäule (L5/S1) als Indikatoren für die innere Muskel-Skelettbelastung.

2.1 Experimentelles Design

Das Versuchsdesign der Laborstudie umfasste 24 Versuchskonstellationen mit Variation der Griffhöhe, der Kraftrichtung und der Körperhaltung, die von den Industriepartnern dieser Studie als praxistypische Arbeitstätigkeiten an Montagelinien der Automobilindustrie genannt worden waren. Insgesamt nahmen 6 Probanden an der Studie teil, wovon 4 Fachkräfte aus der Automobilindustrie waren. Die sämtlich männlichen Probanden mit einem Durchschnittsalter von 39 Jahren (30 bis 51 Jahre) klagten zum Zeitpunkt der Untersuchung über keinerlei Muskel-Skelettbeschwerden. In jeder Versuchskonstellation musste die Versuchsperson ihre statisch maximale Kraft über eine Zeitdauer von 5 s in die geforderte Richtung ausüben. Nach einer Pause von 90 s folgte eine Versuchswiederholung, so dass insgesamt von jedem Probanden 48 Maximalkraftausübungen zu erbringen waren. Als Maximalwert wurde das Maximum des gleitenden Mittelwertes der Aktionskraft über ein 1,5s-Intervall bestimmt.

3. Ergebnisse

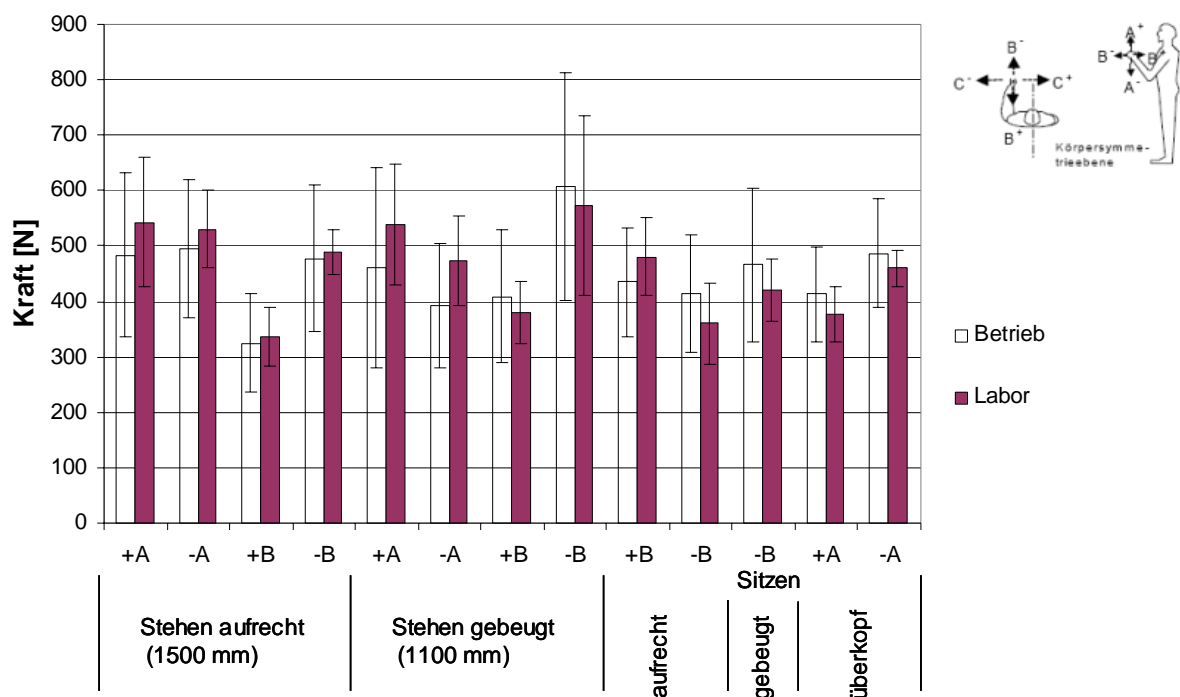


Abbildung 1: Vergleich der Mittelwerte und Standardabweichungen der maximalen statischen Ganzkörperkräfte aus den Labor- (n=12 Messungen) und Betriebsmessungen (n=572 Messungen) mit symmetrischer Rumpfhaltung

Der Vergleich der maximalen Ganzkörperkräfte bei den Konstellationen mit symmetrischer Rumpfhaltung (weder seitlich gebeugt noch tordiert), die sowohl in der Laborstudie als auch in der Feldstudie vorkamen, zeigte im Wesentlichen eine gute

Übereinstimmung (Abb.1). Die höchsten Kräfte von durchschnittlich rund 600 N wurden beim Drücken (B-) im gebeugtem Stehen (Griffhöhe 1100 mm) erreicht; die niedrigsten mit durchschnittlich rund 330 N beim Ziehen (B+) im aufrechten Stand (Griffhöhe 1500 mm). Auffällig ist somit, dass die maximalen Körperkräfte im Sitzen nicht immer niedriger als im Stehen waren.

Die Einnahme einer seitgebeugten und/oder tordierten Haltung (asymmetrisch) ergab in der Mehrzahl der Fälle einen Abfall der Maximalkraft zwischen 30 und 50 N – in drei Fällen konnte diese Abnahme als statistisch signifikant belegt werden (Abb. 2). Beim Ziehen (B+) im aufrechten Stehen und beim Drücken (B-) im aufrechten Sitzen zeigte sich dagegen praktisch keine Veränderung.

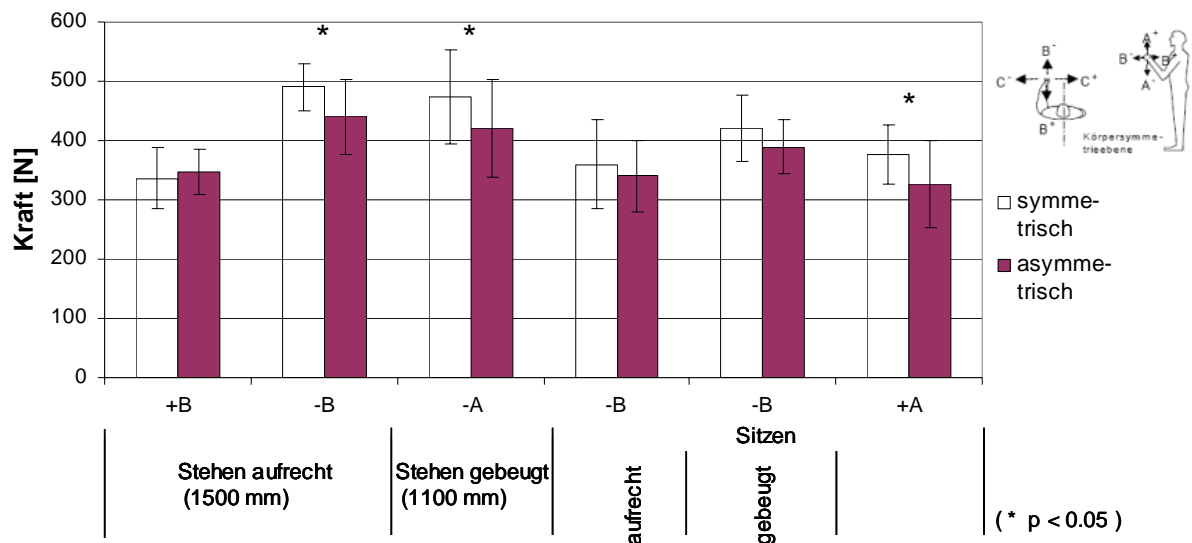


Abbildung 2: Vergleich der Mittelwerte und Standardabweichungen der maximalen Ganzkörperkräften zwischen den Versuchen mit symmetrischer und asymmetrischer Rumpfhaltung (n=12 Messungen)

Die maximalen Aktionskräfte wichen meist deutlich von der eigentlich geforderten Kraftrichtung ab (Abb. 3). Dies hatte neben der Körperhaltung großen Einfluss auf die innere Muskel-Skelettbelastung.

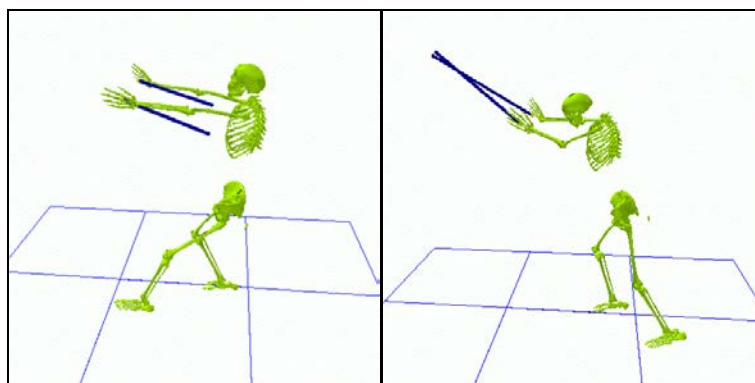


Abbildung 3: Darstellung der Aktionskräfte bei einer typischen Belastungssituation des Muskel-Skelettsystems beim Ziehen (links) und Drücken (rechts) im aufrechten Stehen

Im aufrechten Stehen bei symmetrischer Rumpfhaltung erreichten die maximalen Schultergelenkmomente (Summe der Beträge von rechter und linker Seite) im Mittel Werte zwischen 60 und 170 Nm (Abb. 4). Die Gelenkmomente an der Lendenwirbel-

säule (LWS) variierten zwischen 35 und 145 Nm, wobei sich das Ziehen (B+) als besonders hoch belastend für die Lendenwirbelsäule erwies (Tichauer 1978). Für die meisten Versuchskonstellationen wiesen die Gelenkmomente der Schulter und der LWS ein spezifisches Belastungsmuster aus.

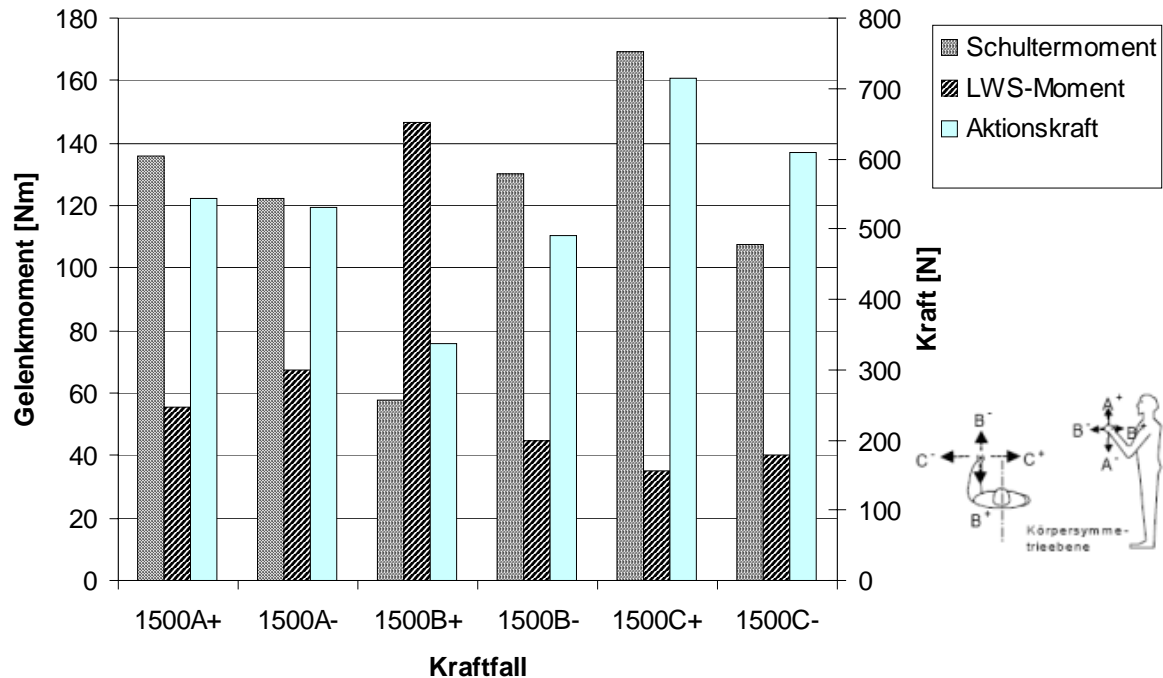


Abbildung 4: Mittelwerte der Belastungsparameter im aufrechten Stehen (Griffhöhe 1500 mm) für die verschiedenen Krafrichtungen ($n=12$ Messungen). Bei den Aktionskräften in C-Richtung ist zu beachten, dass die C-Komponenten betragsmäßig von rechter und linker Hand addiert wurden

4. Literatur

1. DIN 33411-1: 1982, Körperkräfte des Menschen; Begriffe, Zusammenhänge, Bestimmungsgrößen. Berlin: Beuth.
2. Tichauer, E.R. 1978, The biomechanical basis of ergonomics – Anatomy applied to the design of work situations. New York: John Wiley & Sons Inc..
3. Wakula, J., Berg, K. & Schaub, Kh. 2008, Statische Maximalkraftwerte für realtypische Kraftausübungen des Arm- Schulter- und Ganzkörpersystems für einen montagespezifischen Kraftatlas. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg.), Produkt- und Produktions-Ergonomie – Aufgabe für Entwickler und Planer. Dortmund: GfA Press, 423-428.
4. Winter, D.A. 2005, Biomechanics and motor control of human movement, 3rd edition. New York: John Wiley & Sons Inc..

Prävention von Muskel-Skelett-Beschwerden an Montagearbeitsplätzen

Heiko KUSSEROW¹, Ingeborg EISENACHER-ABELEIN¹, Ralf HÜNTING¹, Rolf ELLEGAST², Markus POST² und Hanna ZIESCHANG³

¹ *Berufsgenossenschaft der Feinmechanik und Elektrotechnik,
Gustav-Heinemann-Ufer 130, D-50968 Köln*

² *Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (BGIA),
Alte Heerstr. 111, D-53757 Sankt Augustin*

³ *Institut Arbeit und Gesundheit der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung
(BGAG), Königsbrücker Landstr. 2, D-01109 Dresden*

Kurzfassung: Diese Arbeit präsentiert das Ergebnis einer Befragung von Beschäftigten an Montagearbeitsplätzen hinsichtlich der aktuellen Arbeitssituation sowie arbeitsbedingten Beschwerden und Erkrankungen des Muskel-Skelett-Systems. Für den Interventionsteil der Studie wurde ein ergonomisch gestalteter Montagearbeitsplatz entwickelt, an dem sowohl in stehender als auch in sitzender Körperhaltung gearbeitet werden kann. Der Montagearbeitsplatz kam in sechs Betrieben zum Einsatz. Es ist untersucht worden, ob die Beschäftigten die ergonomischen Möglichkeiten des Montagearbeitsplatzes nutzen und ihr Verhalten zugunsten einer gesundheitsfördernden Steh-Sitz-Dynamik ändern. Die Ergebnisse zeigen, dass diese Präventionsmaßnahme kurz nach der Umsetzung nur bei 27 % der untersuchten Beschäftigten auf Akzeptanz stieß.

Schlüsselwörter: Ergonomie, Muskel-Skelett-Belastung, Montage, Arbeitsplatzgestaltung.

1. Einleitung

Montagearbeitsplätze stellen einen nicht unbedeutenden Anteil gewerblicher Arbeitsplätze dar. Alleine im Bereich der Berufsgenossenschaft der Feinmechanik und Elektrotechnik (BGFE) zählt rund die Hälfte der Mitgliedsbetriebe (ca. 51000 Betriebe mit ca. 1,65 Millionen Versicherten) zu den so genannten Fertigungsbetrieben. Eigene Recherchen haben ergeben, dass die anthropometrischen Anforderungen aus der Normung derzeit keine ausreichende Berücksichtigung bei den Herstellern von Montagearbeitsplätzen und Arbeitsstühlen finden. Ergonomisch ungünstig gestaltete Montagearbeitsplätze können deshalb in zahlenmäßig bedeutsamem Umfang zu entsprechenden Beschwerden und Erkrankungen, insbesondere des Halte- und Bewegungsapparates, führen. Die BGFE hat sich dieser Thematik angenommen und mit Unterstützung des BGIA und BGAG die folgenden Fragestellungen genauer untersucht:

Welche Belastungsfaktoren und Beschwerden des Muskel-Skelett-Systems werden von Beschäftigten an Montagearbeitsplätzen genannt?

Wie sollte ein ergonomischer Montagearbeitsplatz gestaltet sein und lassen sich diese Anforderungen in der Praxis realisieren?

Wird der ergonomische Montagearbeitsplatz in der Praxis von den Beschäftigten angenommen und ist eine belastungsreduzierende Wirkung nachweisbar?

2. Methode

Im ersten Schritt der Interventionsstudie sind in 13 Betrieben 460 Beschäftigte an Montagearbeitsplätzen zu ihrer derzeitigen Arbeitssituation sowie arbeitsbedingten Beschwerden und Erkrankungen des Muskel-Skelett-Systems befragt worden.

Für die Intervention wurde ein Montagearbeitsplatz entwickelt, der den ergonomischen Anforderungen der Projektgruppe entsprach. Diese Anforderungen berücksichtigten den Stand der Technik, arbeitsmedizinische und arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse sowie eigene Erfahrungen der Projektgruppe. Der Montagearbeitsplatz wurde als Sitz-Steh-Arbeitsplatz für mittlere Tätigkeitsanforderungen ausgelegt. Die maßliche Gestaltung des Montagearbeitsplatzes richtete sich nach den Vorgaben der DIN EN ISO 14738 "Anthropometrische Anforderungen an die Gestaltung von Maschinenarbeitsplätzen", wobei die Verwendung eines Hochstuhles ausgeschlossen wurde. Beleuchtungstechnische Anforderungen stammten aus der DIN EN 12464-1 "Beleuchtung von Arbeitsstätten – Teil 1: Arbeitsstätten in Innenräumen". Von diesem ergonomischen Montagearbeitsplatz wurden 3 Exemplare gefertigt und innerhalb der Praxisphase des Projekts in insgesamt 6 Betrieben installiert. Die 15 Probanden (14 weiblich / 1 männlich) wurden intensiv in die Bedienung und die richtige Nutzung des Arbeitsplatzes unterwiesen. Bezüglich der gesundheitsförderlichen Wirkung einer Sitz-Steh-Dynamik flossen die Empfehlungen einer niederländischen Forschergruppe über ausreichende physische Aktivität bei der Arbeit in die Unterweisung ein (Commissaris et al. 2006). Nach einer Eingewöhnungsphase wurden bei allen 15 Probanden schichtbegleitende Aufzeichnungen der Körperhaltung und –bewegung, mit einem speziell für diese Studie modifizierten CUELA-Messsystem, durchgeführt (Ellegast 1998). Die Darstellung der Messdaten erfolgte als Arbeitsschichtprofil der Körperhaltung. Daraus lässt sich sehr einfach erkennen, ob die Probanden die Empfehlungen zur Sitz-Steh-Dynamik umgesetzt haben. Zusätzlich flossen Beobachtungs- und Befragungsdaten, die während bzw. nach den Messungen erhoben wurden, in die Evaluation dieser Präventionsmaßnahme ein.

3. Ergebnisse

3.1 Befragung

Schwerpunktmäßig erfolgte die Befragung in Unternehmen mittlerer Größe (< 500 Beschäftigte). Von 460 ausgegebenen Fragebögen kamen 343 ausgefüllt zurück, was einem Rücklauf von 74,6 % entspricht. Die Rückläufer waren zu 55 % weiblich und zu 38 % männlich (7 % keine Angabe). Das durchschnittliche Alter lag bei 43,6 Jahren ($\pm 10,2$ Jahren). 49 % der Befragten üben die jetzige Montagetätigkeit bereits seit über 10 Jahren aus (24 % < 5 Jahre). Die meisten Rückläufer führen Montagetätigkeiten mit normalem Kraftaufwand und normalen Sehanforderungen durch. Taktgebundene Arbeit und Leistungslohn wurden von 62 % der Befragten verneint. Schichtarbeit lag in 25 % der Fälle vor. Einen höhenverstellbaren Montagearbeitsplatz haben nur 27 % der Befragten. Als Körperhaltung während der Arbeit gaben 24 % "Stehend", 36 % "Sitzend" und 39 % "Wechselnd" an.

Die körperliche Beanspruchung ihrer Tätigkeit beurteilten die Befragten zu 6 % als "Leicht", 44 % als "Normal", 35 % als "Mittelschwer", 12 % als "Schwer" und 2 % als "Sehr schwer". Auf die Frage "Hatten Sie in den letzten 12 Monaten bei der Arbeit Beschwerden im Bereich der Wirbelsäule, der Hände, Arme, Schultern oder der Bei-

ne?" antworteten 71 % der Befragten mit "Ja". Von diesen 242 Personen waren 142 (59 %) aufgrund der Beschwerden in ärztlicher Behandlung. Dabei kam es in 90 Fällen (63 %) zu einer Arbeitsunfähigkeit. Die Körperregionen mit den häufigsten Beschwerdenennungen waren die Lendenwirbelsäule, Schultern, Halswirbelsäule / Nacken, Hände und der Unterschenkel- / Knie- / Wadenbereich. Als Hauptbelastungsfaktoren für das Muskel-Skelett-System wurde von den Befragten der überwiegende Einsatz einer Hand, ungünstige Oberkörperhaltung, dauerndes Stehen sowie Bewegungsmangel genannt.

3.2 Intervention

Die Auswertung der Arbeitsschichtprofile ergab, dass nur 4 der 15 Probanden die Empfehlung der wechselnden Körperhaltung in ihrem Arbeitsalltag umgesetzt haben. Abbildung 1 zeigt beispielhaft drei unterschiedliche Arbeitsschichtprofile der Körperhaltung.

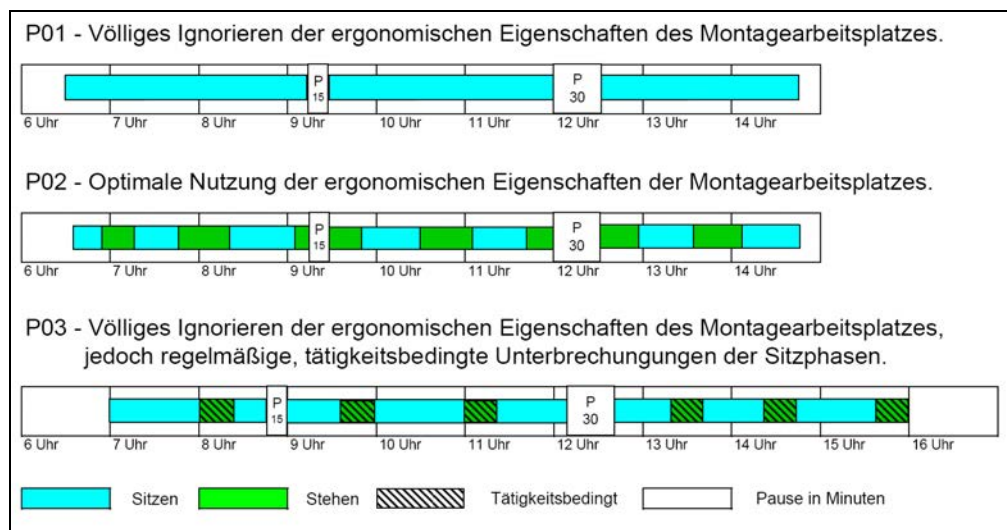


Abbildung 1: Beispielhafte Darstellung unterschiedlicher Arbeitsschichtprofile der Körperhaltung

Es wurde beobachtet, dass 7 der 15 Probanden die Arbeitsflächen- und Sitzflächenhöhe vor Arbeitsbeginn nicht wie unterwiesen auf ihre Körpergröße optimiert haben.

Bei der Befragung der Probanden nach Abschluss der Messungen gaben 7 der 15 Probanden an, dass sie die empfohlene Sitz-Steh-Dynamik wie unterwiesen umgesetzt haben. Hier zeigte sich eine Diskrepanz zu den Ergebnissen der Arbeitsschichtmessungen. Eine verbesserte Körperhaltung bei der Arbeit empfanden 10 der 15 Probanden. Den deutlichsten Zuspruch erhielt die an die Tätigkeit angepasste Arbeitsplatzbeleuchtung, die von 14 der 15 Probanden als besonders positiv herausgestellt wurde.

Die Auswertung der Messdaten ist zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht vollständig abgeschlossen, so dass für weitere Ergebnisse auf den Abschlussbericht des Projekts verwiesen wird.

Abbildung 2 zeigt die Möglichkeiten der Höhenverstellung des entwickelten Montagearbeitsplatzes anhand zweier unterschiedlich großer Personen.



Abbildung 2: *Unterschiedliche Körpergrößen erfordern unterschiedliche Arbeitshöhen*

4. Zusammenfassung und Schlussfolgerung

Montagearbeitsplätze sind in großem Umfang ergonomisch nicht optimal gestaltet und führen häufig zu Beschwerden des Muskel-Skelett-Systems. Durch optimierte Arbeitstische kann eine Verbesserung der Situation erzielt werden. Hierzu ist es jedoch erforderlich, dass die Hersteller von Montagearbeitsplätzen und Arbeitsstühlen in der Zukunft die anthropometrischen Anforderungen aus der Normung bei ihrer Produktgestaltung stärker berücksichtigen. Der Interventionsteil der Studie ergab, dass die ergonomischen Eigenschaften des entwickelten Montagearbeitsplatzes trotz intensiver Unterweisung und Eingewöhnungsphase von den Probanden nur unzureichend genutzt wurde. Dabei war diesbezüglich eine deutliche Diskrepanz zwischen Selbsteinschätzung der Probanden und Arbeitsschichtmessungen festzustellen.

Um einen nachhaltig positiven Effekt mit dem ergonomischen Montagearbeitsplatz zu erzielen, müssen die verhaltenspräventiven Maßnahmen deutlich verstärkt werden.

5. Literatur

1. Commissaris, D., Douwes, M., Schoenmaker, N. & de Korte, E. 2006, Recommendations for sufficient physical activity at work, In: R.N. Pikaar, E.A.P. Koningsveld & P.J.M. Settels (Eds.), Meeting Diversity in Ergonomics. Amsterdam: Elsevier.
2. DIN EN 12464-1:2003-03, Licht und Beleuchtung – Beleuchtung von Arbeitsstätten – Teil 1: Arbeitsstätten in Innenräumen (Deutsche Fassung von EN 12464-1:2002). Berlin: Beuth-Verlag.
3. DIN EN ISO 14738:2005-03, Sicherheit von Maschinen – Anthropometrische Anforderungen an die Gestaltung von Maschinenarbeitsplätzen (Deutsche Fassung von EN ISO 14738:2002 + AC:2004). Berlin: Beuth-Verlag.
4. Ellegast, R. 1998, Personengebundenes Messsystem zur automatisierten Erfassung von Wirbelsäulenbelastungen bei beruflichen Tätigkeiten, BIA-Report 5/1998. Sankt Augustin: Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften (HVBG).

Beitrag der Modularisierung zu alter(n)sgerechten Arbeitsbedingungen in der Automobilmontage

Stefan KALTENBRUNNER¹, Michael MOHRLANG², Martin SCHMAUDER³
und Marcus ULLRICH¹

¹ BMW AG, Prozessplanung Montage (TM-421), Petuelring 130, D-80788 München

² BMW AG, Ergonomie (PM-52), Petuelring 130, D-80788 München

³ Institut für Technische Logistik und Arbeitssysteme, TU Dresden,
Helmholtzstraße 10, D-01062 Dresden

Kurzfassung: Damit die deutsche Automobilproduktion die durch den globalen Wettbewerb geforderten Effizienzsteigerungen auch mit einer alternden Belegschaft erzielen kann, sind altersgerechte Arbeitsbedingungen erforderlich. Einen wichtigen Beitrag dazu kann die Produktmodularisierung leisten. Aufbauend auf ergonomischen Untersuchungen zu körperlichen Belastungen in der Automobilmontage im BMW Werk München werden die Potentiale von modularer Produktgestaltung zu altersgerechten Arbeitsbedingungen dargestellt.

Schlüsselwörter: Ältere Arbeitnehmer/innen, Modularisierung, Automobilmontage, Produktionsergonomie.

1. Einleitung

Um ihre internationalen Spitzenpositionen weiter ausbauen zu können, führen die deutschen Automobilunternehmen gegenwärtig kostenintensive Modelloffensiven durch. Zusätzlich werden sie mit standortbedingten hohen Personalkosten und Steuerbelastungen konfrontiert. Damit diese Herausforderungen erfolgreich bewältigt werden können, sind jährliche Produktivitätssteigerungen erforderlich. Diese sind durch den demographischen Wandel auch mit einer alternden Belegschaft zu realisieren.

Bis zum Jahr 2020 wird in Deutschland der Anteil der über 50-jährigen Erwerbspersonen auf 39 % des Gesamterwerbspotentials anwachsen (Statistisches Bundesamt 2003). Als maßgeblich in Deutschland beschäftigendes Unternehmen entspricht das Bild der Altersstruktur der BMW AG dem der Bundesrepublik Deutschland (Baumann 2006). In den nächsten zehn Jahren wird das Durchschnittsalter der Mitarbeiter bei BMW um fünf Jahre ansteigen (Baumann 2005). Mit zunehmendem Alter ändert sich die physiologische Leistungsfähigkeit (Bullinger et al. 1994). Die mentale Leistung kann durch täglich anspruchsvolle Aufgaben bis ins hohe Alter konstant gehalten werden, die physische Leistungsfähigkeit ist tendenziell abnehmend (Überschär 2005). Um diesen Anforderungen gerecht zu werden, sind altersgerechte Arbeitsbedingungen erforderlich, die den Einsatz von älteren Mitarbeitern ermöglichen und die Erwerbsfähigkeit Jüngerer über das gesamte Erwerbsleben aufrechterhalten.

Ergonomische Arbeitsgestaltung ist vor allem in der Automobilmontage wichtig, da diese den höchsten Personalanteil in der Automobilproduktion aufweist und aufgrund der Variantenkomplexität und Stückzahlflexibilität nur einen geringen Automatisierungsgrad (ca. 5 %) ermöglicht. Der in der Automobilindustrie seit einigen Jahren verfolgte Ansatz der Modularisierung, der zur besseren Beherrschung der Variantenvielfalt und steigenden Komplexität dient (Piller & Waringer 1999; Mercer 2003), kann

zusätzlich bei der Gestaltung von alternsgerechten Arbeitsbedingungen einen wichtigen Beitrag leisten. Im Rahmen der Modularisierung werden Bauteile und Baugruppen zu Modulen zusammengefasst, deren Vormontageumfang deutlich größer ist als der Einbaumumfang in die übergeordnete Baugruppe im Fahrzeug (Eversheim 1998).

2. Methode

2.1 Die Anforderungs- und Belastbarkeits- Analyse (ABA)

Für ergonomische Bewertungen und zum anforderungsgerechten Personaleinsatzleistungsgewandelter Mitarbeiter wird bei BMW die Anforderungs- und Belastbarkeits- Analyse (ABA) eingesetzt. Die Anforderungs- und Belastbarkeits- Analyse besteht aus zwei Komponenten: Der medizinischen ABAMed (=standardisierte Bewertung von Attesten zu Leistungseinschränkungen von Mitarbeitern) und der technischen ABATech (=ergonomisches Bewertungsinstrument für Arbeitsplätze). In der Entwicklungs- und Planungsphase von Fahrzeugprojekten wird ABATech als verkürztes Screeningverfahren, unterstützt von Menschsimulationsprogrammen innerhalb der digitalen Fabrik, zur ergonomischen Bewertung eingesetzt. Für die Ergonomiebewertungen im Serienprozess wird bei der BMW AG die ABATech-Vollversion verwendet. ABATech ermöglicht Bewertungen von Belastungen in Form von Zwangshaltungen, Finger-, Hand- und Armkräften, zusammengesetzten Körperkräften, Belastungen der unteren Extremitäten, psychomentalen Belastungen und Umfeldbelastungen. ABATech steht den ergonomieverantwortenden Bereichen bei der BMW AG als benutzerfreundliche Softwareapplikation zur Verfügung.

Der durch das System errechnete ergonomische Bewertungsindex (EBI) gibt Auskunft über die Gestaltungsgüte eines Montagevorgangs bzw. Arbeitsplatzes. Die Bereiche in denen sich der EBI befindet sind durch die Ampelfarben rot ($0 \leq \text{EBI} \leq 30$), gelb ($30 < \text{EBI} \leq 65$) und grün ($65 < \text{EBI} \leq 100$) klassifiziert. Die Ampelfarbe rot steht für erhebliche gesundheitliche Belastungen und sofortige Einleitung von Gegenmaßnahmen. Eine gelbe Ampelfarbe signalisiert gesundheitliche Belastungen und mittelfristiges Einleiten von Gegenmaßnahmen. Die Klassifizierung grün verdeutlicht sehr gute ergonomische Bedingungen und das Erreichen des Gestaltungsziels.

2.2 Analysen in der Automobilmontage bei der BMW AG

Im Rahmen eines seit dem Jahre 2005 in der Automobilmontage im BMW Werk München laufenden Projektes zur Gestaltung alternsgerechter Arbeitsbedingungen wurden über 4.000 Ergonomieanalysen erstellt. Auf Basis der Belastungsanalysen, bei denen auch situativ Kraftmessungen und Videoanalysen durchgeführt wurden, sollten Erkenntnisse über Montagebelastungen und technische Maßnahmen abgeleitet werden. Zielsetzung ist es, die gewonnen Erfahrungen bei der Produktgestaltung von neuen Fahrzeugprojekten bei BMW einfließen zu lassen.

Bei der Analyse der Belastungshäufigkeit in der Montage konnte festgestellt werden, dass derzeit mehr als 2/3 der Gesamtbelastung auf Belastungen der unteren Extremitäten (36 %) und auf Zwangshaltungen (33 %) bedingt durch ungünstige Körperhaltungen zurückzuführen sind (vgl. Abb. 1 links). Die Untersuchung der gesundheitlich belastenden Montagevorgänge nach Position im und am Fahrzeug ergab, dass die höchsten und häufigsten Belastungen bei Montagen im Fahrzeuginnenraum (76 %) auftreten (vgl. Abb. 1 rechts). Montagen an den äußeren Fahrzeugbereichen wiesen bei den Untersuchungen geringe bis keine Belastungen auf, was auf den Einsatz modernster Fördertechnik (z. B. Schwenkmontage, höhenverstellbare Plattenbänder) bei BMW zurückzuführen ist.

Bei den bestehenden modularen Vormontagen, wie z. B. dem Cockpit- oder Frontendmodul, konnten die besten ergonomischen und damit die altersgerechtesten Arbeitsbedingungen identifiziert werden.

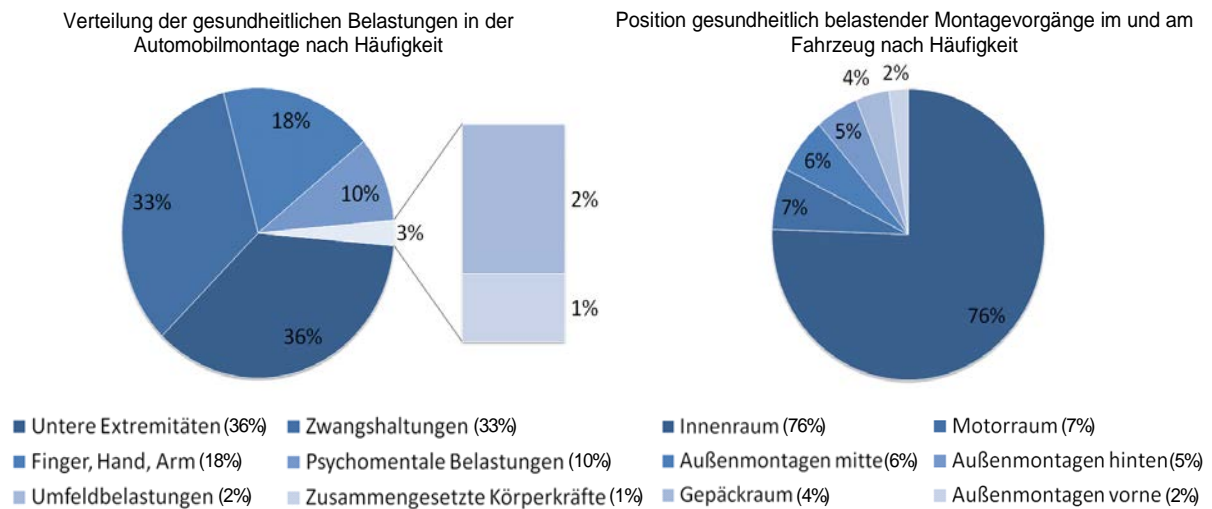


Abbildung 1: Belastungen in der Automobilmontage und Position belastender Montagevorgänge

3. Alter(n)sgerechte Arbeitsbedingungen durch Modularisierung

Die BMW AG hat das Ziel, bei jedem neuen Fahrzeugprojekt die Arbeitsbedingungen weiter ergonomisch zu optimieren. Aus den Untersuchungen in der Automobilmontage im BMW Werk München ergibt sich, dass ein wichtiger Aspekt die Beseitigung von Fahrzeuginnenraummontagen ist. Diese führen zu größeren Belastungen und verursachen höhere Montagezeiten, die entsprechende Montagemehrkosten bewirken. Um Montagen im Fahrzeuginnenraum im größeren Umfang beseitigen zu können, ist eine veränderte Produktgestaltung durch Modularisierung erforderlich. Die getrennte Montage von Modulen in separaten Vormontagelinien ermöglicht durch Hub- und Schwenkverstellungen der Fördereinheiten sehr gute Zugänglichkeiten und den Einsatz von Sitzhilfen, was in dieser Form bei sequentiellen Montagen im Hauptband nicht möglich ist. Je nach Modulgewicht kann eine Reintegration des Moduls in die Fahrzeugkarosserie vollautomatisiert durch Roboter oder durch die ergonomische Unterstützung von Handhabungsgeräten erfolgen.

Aufgrund der Potentiale von Modularisierung zur Gestaltung altersgerechter Arbeitsbedingungen wurde eine Methodik entwickelt, die Module nach ergonomischen Gesichtspunkten analysiert und zielführende Integrationsinhalte definiert. Mit Hilfe dieser Methodik sind unterschiedliche Modularisierungsszenarien erarbeitet worden. Die Module wurden anhand von Simulationen und Hardwareaufbauten bzgl. Montagezeit und ergonomischer Gestaltungsgüte analysiert. In der nachfolgenden Abbildung 2 sind die Untersuchungsergebnisse der Modularisierungsszenarien abgebildet. Auf der Abszisse der Diagramme wird die Montagezeit der Module im Verhältnis zu einem definierten Referenzwert dargestellt. Die Montagezeit wird bei BMW mit den BMW-Standard-Daten ermittelt, die auf einer verdichteten Form der MTM UAS Daten basieren. Die Ordinaten der beiden Diagramme bildet der ergonomische Bewertungsindex (EBI) nach ABATech, hier wird der durchschnittliche ergonomische Bewertungsindex der Module aufgetragen. Die horizontalen Linien in den Schaubildern markieren die entsprechenden Bereichsgrenzen bzgl. der Gestaltungsgüte nach ABATech. Im linken Diagramm wird ersichtlich, dass der durchschnittliche ergonomische Bewertungsindex aller analysierten Modulmontagen deutlich im grünen Bereich ($EBI > 65$) liegt und sehr gute ergonomische Montage-

bedingungen aufweist. Um die Potentiale der Modularisierung klarer darzustellen, werden im rechten Diagramm die Module A, B, C und D mit den gegenwärtigen sequentiellen Bandmontageumfängen (A*, B*, C*, D*) verglichen.

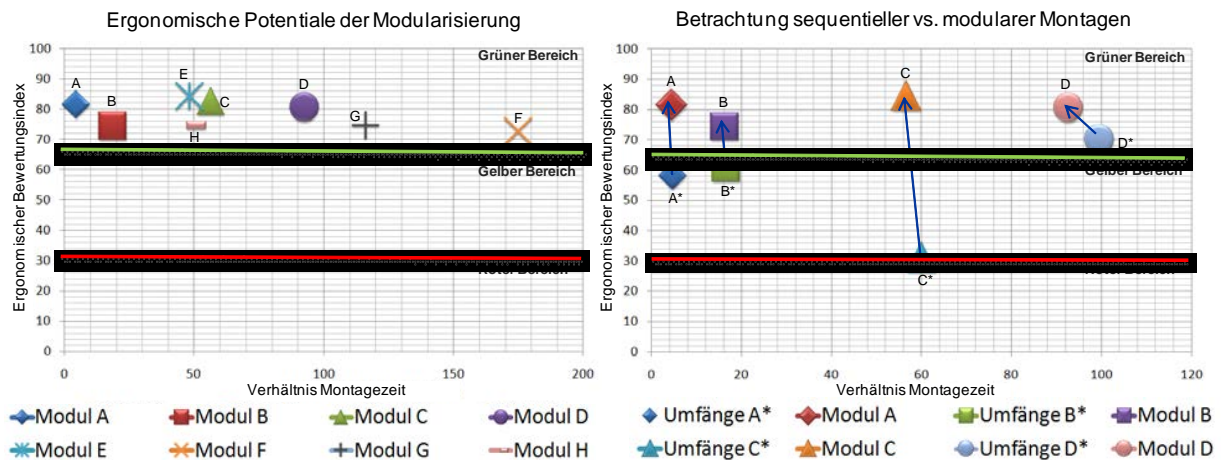


Abbildung 2: Ergonomische Potentiale von Modularisierung, Betrachtung sequentieller Montagen vs. modularer Montagen bzgl. Montagezeit und Ergonomie

Dies zeigt, dass neben einer ergonomischen Verbesserung auch die Montagezeit durch Modularisierung reduziert werden kann, was gleichbedeutend einer Produktivitätssteigerung und Einsparung von Montagekosten ist. Bei den zukünftigen Entscheidungen für oder gegen modulare Produktgestaltung spielen bei BMW neben technischen und betriebswirtschaftlichen Kriterien auch ergonomische Aspekte eine zunehmend wichtigere Rolle. Dadurch wird verdeutlicht, dass die BMW AG als nachhaltiges und verantwortungsbewusstes Unternehmen bereit ist, auch neue Wege zu gehen, um gesellschaftlichen Herausforderungen wie dem demographischen Wandel gerecht zu werden.

4. Literatur

1. Baumann, E. 2005, Demografischer Wandel - Chancen und Herausforderungen für die BMW Group, Pressegespräch BMW Lenbachplatz. München, 3.
2. Baumann, E. 2006, Wichtigster Rohstoff Bildung, *EURO am Sonntag*, Nummer 34, Essay Management. Frankfurt, 13.
3. Bullinger, H. 1994, *Ergonomie. Produkt- u. Arbeitsplatzgestaltung*. Stuttgart: Teubner Verlag, 27.
4. Eversheim, W., Schenke, F.-B. & Wanke, L. 1998, Komplexität im Unternehmen verringern und beherrschen – Optimale Gestaltung von Produkten und Produktionssystemen. In: D. Adam (Ed.), *Komplexitätsmanagement. Schriften zur Unternehmensführung*, Band 61. Wiesbaden: Gabler Verlag, 29-45.
5. Mercer Management Consulting 2003, *Future Automotive Industry Structure (FAST) 2015 – die neue Arbeitsteilung in der Automobilindustrie*. München, 181 und 183.
6. Piller, F. & Waringer, D. 1999, *Modularisierung in der Automobilindustrie – neue Formen und Prinzipien*. Aachen: Shaker Verlag, 152-155.
7. Statistisches Bundesamt 2003, *Bevölkerung Deutschlands bis 2050. 10. koordinierte Bevölkerungsvorausberechnung*. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt, 35-36.
8. Überschär, I. 2005, Warum ältere Arbeitnehmer/-innen noch nicht zum alten Eisen gehören. In: W. Gallenberger et. al. (Ed.), *BKK Bundesverband (Hrsg.). Szenarien zum demographischen Wandel im Betrieb. IGA Report 9*. Essen. 113-120.

Entwicklung eines Assistenzsystems zur wissensbasierten Einstellung des OP-Tisches im Rahmen orthopädischer Eingriffe

Wolfgang LAUER, Bastian IBACH und Klaus RADERMACHER

*Lehrstuhl für Medizintechnik, Helmholtz-Institut für Biomedizinische Technik,
der RWTH Aachen, Pauwelsstraße 20, D-52074 Aachen*

Kurzfassung: Ungünstige statische Körperhaltungen stellen einen Belastungsfaktor dar, der langfristig muskuloskeletale Schädigungen des Betroffenen hervorrufen kann. Darüber führt die resultierende Beanspruchung zu einem erhöhten Risiko für das Auftreten humaninduzierter Fehler. Gerade im intraoperativen chirurgischen Arbeitsbereich müssen häufig sowohl motorisch als auch kognitiv anspruchsvolle Tätigkeiten mit potentiell gravierenden Fehlerfolgen über lange Zeit und in ungünstigen Körperhaltungen ausgeführt werden. Ein im Rahmen des BMBF-geförderten Projektes OrthoMIT für orthopädische Eingriffe verfolgter Ansatz liegt hier in der Unterstützung durch eine wissensbasierte, situativ optimierte Einstellung des OP-Tisches. Im Folgenden wird das zugrunde liegende Konzept sowie dessen Realisierung vorgestellt.

Schlüsselwörter: OrthoMIT, OP-Tisch, Körperhaltung, Usability.

1. Einleitung

Der intraoperative Arbeitsplatz des Chirurgen ist mit Belastungen durch ungünstige Umgebungsbedingungen (Temperatur, Schutzkleidung, Sterildisziplin, Strahlenexposition...) bzw. zeitlichen und verantwortungsbedingten Stress sowie mit hohen Anforderungen an multimodale Informationsverarbeitung in Verbindung mit schwerer und häufig zugleich feinkoordinativ anspruchsvoller körperlicher Arbeit verbunden. Je nach medizinischen Lagerungserfordernissen und Einstellbarkeit des OP-Tisches sind die Operierenden und Assistierenden teilweise gezwungen, über längere Zeit in statischen, ergonomisch ungünstigen Körperhaltungen zu arbeiten. Dies führt zu zusätzlich erhöhter Belastung und, je nach individueller Prädisposition, zu erhöhter Beanspruchung bzw. höherer Wahrscheinlichkeit von Handlungsfehlern (Rohmert 1984), letztlich also zu einem höheren Risiko für den Patienten. Darüber hinaus ist von einer langfristigen Gefahr muskuloskeletaler Schädigungen der Operierenden auszugehen, was z.B. im Dentalbereich zur Entwicklung spezieller Patientenstühle mit erweitertem Bewegungsumfang und situativ angepassten Positionierstrategien geführt hat (Rohmert et al. 1988). Auch im Bereich der laparoskopischen Chirurgie wurden entsprechende Untersuchungen durchgeführt und Empfehlungen für eine ergonomisch optimierte Einstellung der OP-Tisch-Höhe (Radermacher et al. 1996) sowie für eine verbesserte Anordnung der Videomitore abgeleitet (van Veelen et al. 2002; Vereczkei et al. 2004; Marcos et al. 2005).

Im Hinblick auf die Entwicklung technischer Assistenzsysteme für den OP ist zusätzlich zu berücksichtigen, dass deren zunehmende Anzahl und Komplexität auch potentiell mit zu einem gestiegenen Risiko für Benutzungsfehler (Leape 1994) beitragen kann. Allein die Einführung neuer Systeme in das bestehende OP-Umfeld stellt

3. Ergebnisse

Das Assistenzsystem wurde dabei unter Nutzung eines OP-tauglichen Kompaktrechners umgesetzt und kommuniziert direkt mit einem extern ansteuerbaren OP-Tisch (Trumpf Medizintechnik). Dabei wird die Datenschnittstelle sowohl zur Abfrage der aktuellen Tischsegmentpositionen und -winkel, als auch zur Steuerung der motorischen Tischeinstellung genutzt. Die Mensch-Maschine-Interaktion erfolgt mittels eines Touchscreens, der zur Bedienung im sterilen Arbeitsbereich mit einer transparenten Sterilfolie abgedeckt werden kann (vgl. Abbildung 2).

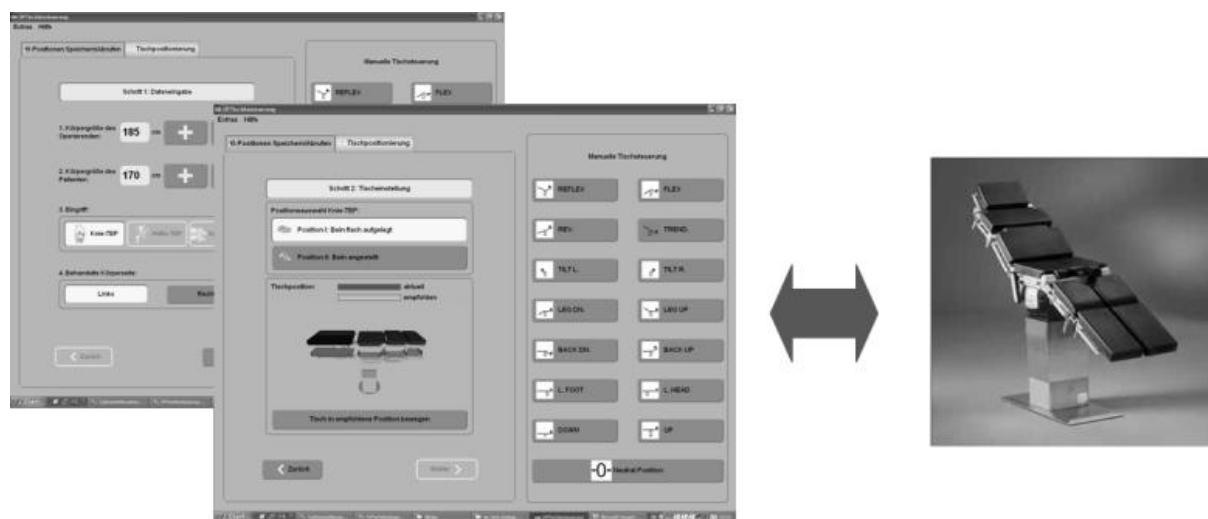


Abbildung 2: Bildschirmdialoge zur manuellen Tischsteuerung und Empfehlungvisualisierung

Zur manuellen Bewegungssteuerung wurde dabei die Oberfläche der konventionell vom OP-Tischhersteller bereitgestellten Fernbedienung nachgebildet und in die Bedienoberfläche integriert. Ihre Funktionen haben stets Vorrang vor Steuerungsbeehlen des Assistenten und ermöglichen dem Benutzer so die gewohnte direkte Kontrolle über die Tischbewegung. Ein zweites Funktionsmodul beinhaltet die Speicherung und den Abruf präferierter Tischkonfigurationen. Mit seiner Hilfe können manuell eingestellte Segmentpositionen abgelegt und bei Bedarf abgerufen werden. Eine Vorschaugrafik visualisiert sowohl den aktuellen Ist-Zustand des Tisches, als auch das zu erwartende Endergebnis der Bewegung. Zur Nutzung der Optimierungsfunktion des Tischeinstellassistenten ist im Rahmen dieses ersten Demonstrators zunächst die Eingabe der benötigten Daten erforderlich (Körpergröße von Operierendem und Patient, Eingriffstyp, behandelte Körperseite). Später sollen diese Daten automatisch aus dem Krankenhaus-Informationssystem übernommen werden und die Identifizierung der Operierenden z.B. durch eine Chipkarte erfolgen. Das Assistenzsystem entwickelt unter Berücksichtigung der verschiedenen Randbedingungen und der aktuellen OP- bzw. Tätigkeitsphase die jeweiligen Einstellungsempfehlungen, stellt sie graphisch im Vergleich zum Ist-Zustand dar und ermöglicht ihre Realisierung. Zur entsprechenden Einstellung des OP-Tisches ist aus Sicherheitsgründen die Bestätigung und permanente Bewegungsfreigabe durch den Bediener mittels eines sogenannten Dead-Man-Switch erforderlich.

4. Diskussion und Ausblick

Aufbauend auf einer tätigkeits- und körperhaltungsbezogenen Analyse orthopädischer Eingriffe wurde ein erstes Assistenzsystem zur wissensbasierten, situativ optimierten Einstellung der OP-Tisches realisiert. Ziel dieser Entwicklung ist die Reduzierung haltungsbedingter Belastungen der Operierenden und daraus resultierender Beanspruchungen bzw. Fehlerrisiken.

Derzeit erfolgt die Evaluierung des Einstellassistenten hinsichtlich seiner klinischen Gebrauchstauglichkeit (Usability) sowie bzgl. der Auswirkungen auf resultierende Körperhaltungen der Operierenden. In diesem Zusammenhang sind vor allem auch die Akzeptanz eines solchen Unterstützungssystems und die möglichen risiko-bezogenen Auswirkungen seiner Einbindung in konventionelle klinische Abläufe zu untersuchen. Das realisierte Demonstratorsystem bietet hier die Möglichkeit zur Durchführung benutzerzentrierter Tests. Begleitend werden auch simulationsgestützte Untersuchungen unter Einbeziehung anthropometrischer Menschmodelle durchgeführt.

Anstehende Arbeiten umfassen insbesondere die Optimierung der Mensch-Maschine-Interaktion sowie die Erweiterung der Applikationsspektrums und der Empfehlungsalgorithmen.

5. Literatur

1. Leape, L.L. 1994, The Preventability of Medical Injury. In: M.S. Bogner (Edt.), Human Error in Medicine. Hillsdale, NJ: Erlbaum Publishers, 13-26.
2. Marcos, P., Seitz, T., Bubb, H., Wichert, A. & Feussner, H. 2005, Computer simulation for ergonomic improvements in laparoscopic surgery, Applied Ergonomics, 37, 251-258.
3. Radermacher, K., von Pichler, K.C., Erbse, S., Boeckmann, W., Rau, G., Jakse, G. & Staudte, H.-W. 1996, Using Human Factor Analysis and VR Simulation Techniques for the Optimization of the Surgical Worksystem. In: H. Siegburg, S. Weghorst & K. Morgan (Eds.), Health Care in the Information Age. Amsterdam: IOS Press, 532-541.
4. Rohmert, W. 1984, Das Belastungs-Beanspruchungs-Konzept, Zeitschrift für Arbeitswissenschaft, 38, 193-200.
5. Rohmert, W., Mainz J. & Zipp P. 1988, Der Zahnarzt im Blickfeld der Ergonomie. Köln: Deutscher Ärzteverlag.
6. Veelen, van M.A., Jakimovicz, J.J., Goossens, R.H.M., Meijer, D.W. & Bussmann, J.B.J. 2002, Evaluation of the usability of two types of image display systems during laparoscopy, Surgical Endoscopy, 16, 674-678.
7. Vereczkei, A., Feussner, H., Negele, T., Fritzsche, F., Seitz, T., Bubb, H. & Horváth, Ö.P. 2004, Ergonomic assessment of the static stress confronted by surgeons during laparoscopic cholecystectomy, Surgical Endoscopy, 18, 1118-1122.
8. Weingart, S.N., Wilson, R.M., Gibberd, R.W. & Harrison, B. 2000, Epidemiology of medical error, BMJ, 18, 774-777.
9. Zimolong, A., Radermacher, K., Stockheim, M., Zimolong, B. & Rau, G. 2003, Reliability Analysis and Design in Computer-Assisted Surgery. In: J. Jacko & C. Stephanides (Eds.), Universal Access in HCI. Philadelphia, PA: Lawrence Erlbaum Ass. Publ., 524-528.

Die vorgestellten Arbeiten wurden vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Rahmen des Projektes OrthoMIT (01EQ0402) gefördert.

Gestaltung einer Luftraumüberwachungsanzeige anhand des Semiotischen Modells

Ludger SCHMIDT und Daniel LEY

*Forschungsinstitut für Kommunikation, Informationsverarbeitung und Ergonomie,
Neuenahrer Straße 20, D-53343 Wachtberg*

Kurzfassung: Mit dem Ziel einer software-ergonomischen Anzeigengestaltung wurde an Marine-Arbeitsplätzen in einer Operationszentrale die Mensch-Maschine-Interaktion zur Luftraumüberwachung analysiert. Die Benutzerinteraktionen können mit Hilfe des Semiotischen Modells in vier Ebenen differenziert und entsprechenden hierarchischen Stufen des technischen Systems zugeordnet werden. Dieses Modell wurde dann als Gestaltungsleitlinie herangezogen und in Kooperation mit Marine-Experten ein Prototyp entwickelt. Die Modellaspekte der einzelnen Ebenen und ihre Umsetzung in der Luftraumüberwachungsanzeige werden in diesem Beitrag vorgestellt.

Schlüsselwörter: Überwachung, Klassifizierung, Identifizierung, aufgabenorientierte Gestaltung.

1. Semiotisches Modell zur Interaktionsgestaltung

Die militärische Luftraumüberwachung stützt sich mit ihren Identifizierungs- und Klassifizierungsaufgaben auf vielfältige Sensoren, den Datenaustausch mit anderen Plattformen sowie zahlreiche weitere Nebenbedingungen (z.B. politische Situation). Um den Operateur auch in zeitkritischen Situationen an einem Rechnerarbeitsplatz mit hoher informatorischer Belastung geeignet unterstützen zu können, kommt hier der ergonomischen Interaktionsgestaltung eine zentrale Rolle zu.

Für die systematische Gestaltung der Mensch-Computer-Interaktion bei Führungs- und Überwachungsaufgaben haben sich insbesondere qualitative Modelle etabliert, die unterschiedliche Ebenen der Interaktion differenzieren (siehe z.B. Norman 1986; Rasmussen 1986; Klein 1993; Sheridan 2002; Schmidt & Luczak 2006). In einem ursprünglich aus der Linguistik stammenden Modell wurden von Morris (1946) drei Ebenen eines Kommunikationsprozesses beschrieben: (1) formale Relationen zwischen Zeichen auf der syntaktischen, (2) Beziehungen zwischen Zeichen und den bezeichneten Objekten auf der semantischen und (3) Bezüge zwischen Zeichen und ihren Benutzern auf der pragmatischen Ebene. Auch die Interaktion zwischen Mensch und Computer kann als eine solche Übermittlung von Informationen durch den Austausch von Zeichen mit festgelegter Bedeutung betrachtet werden. Das semiotische Interaktionsmodell wurde daher auch für die ergonomische Gestaltung von Mensch-Rechner-Schnittstellen herangezogen (Foley et al. 1990; Herczeg 2005; Luczak et al. 2006) und dabei zusätzlich eine hardware-nahe physikalische Ebene eingeführt, welche die Ausführungsseite von Interaktionen beschreibt. Insgesamt können so die Benutzerinteraktionen in vier Ebenen differenziert und auf der Rechnerseite entsprechenden Stufen des technischen Systems zugeordnet werden.

Ein Interaktionszyklus lässt sich in diesem Modell wie folgt beschreiben: Auf der obersten Ebene erfolgt eine Ziel- und Aufgabendefinition, die ausgehend vom mentalen Modell des Benutzers in Konzepten und Modellen resultiert (pragmatische Ebe-

ne). Auf der dazu untergeordneten Stufe werden Objekte erzeugt und verändert, indem entsprechende Werkzeugfunktionen ausgewählt werden (semantische Ebene). Diese Funktionen werden durch einen oder mehrere Dialogschritte ausgelöst (syntaktische Ebene), die wiederum durch eine oder mehrere physikalische Operationen ausgeführt werden (physikalische Ebene). Rechnerseitig werden die Operationen physikalisch registriert und syntaktisch interpretiert. Die davon ausgelösten Funktionen realisieren die übergeordneten Konzepte, während die übergeordneten Modelle aus Objekten und ihren Relationen gebildet werden. Rechnerseitige Systemzustandsveränderungen durch die Aufgabenbearbeitung werden dann top-down dem Benutzer auf der physikalischen Ebene mitgeteilt, der wiederum bottom-up die Änderungen wahrnimmt, entschlüsselt und interpretiert, um dann eine Zielkontrolle vorzunehmen. Ein benutzer- und aufgabenorientierter Gestaltungsprozess sollte entsprechend der Struktur des Semiotischen Modells alle beschriebenen Ebenen einschließen (Schmidt & Ley 2008).

2. Exemplarische Anwendung des Modells auf die Luftraumüberwachung

Bei der Marine fließen in der Operationszentrale des Eigenschiffs vielfältige Daten zusammen und müssen dem Operator so visualisiert werden, dass er möglichst schnell ein vollständiges und eindeutiges Lagebild entwickeln, die Situation bewerten und nötige Handlungen ableiten kann. Die Identifizierung und Klassifizierung von Luftfahrzeugen stellt dabei einen wesentlichen Arbeitsschritt dar, für den auch bei Verwendung eines Entscheidungsunterstützungssystems die Verantwortung letztlich beim Operator liegt. Für die Interpretation der vom Führungssystem gelieferten Daten über die Luftfahrzeuge (Tracks) werden vom Operator weitere Informationen über die geographische Situation, die politische Lage, die taktische Situation und die aktuellen Einsatzgrundsätze benötigt. Im Folgenden wird die Anzeige des dazu entwickelten Prototyps (Abb. 1) unter Berücksichtigung der einzelnen Gestaltungsebenen des Semiotischen Modells beschrieben.

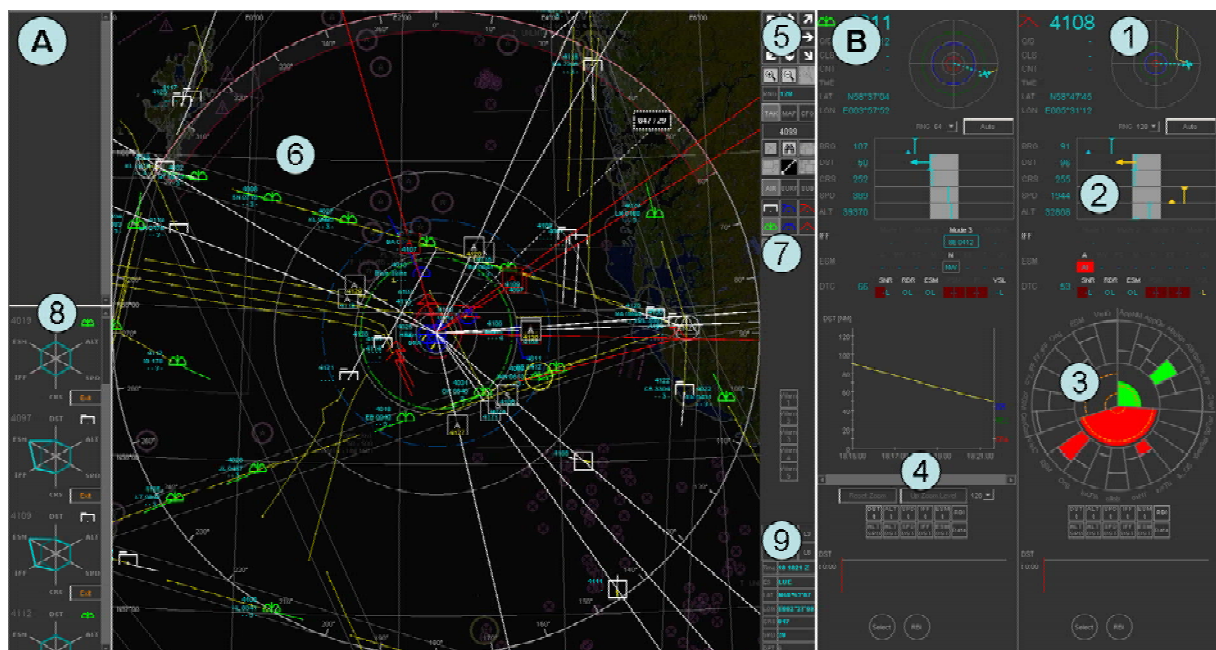


Abbildung 1: Prototypische Benutzungsschnittstelle für die Luftraumüberwachung

Auf der pragmatischen Ebene wurde auf Basis einer Aufgabenanalyse ein Anzeigekonzept entworfen. Zunächst muss sich der Operateur eine Übersicht über die Luftlage verschaffen können, wozu ihm eine graphische Lagedarstellung in Form eines synthetischen Radarbildschirms zur Verfügung gestellt wird (6 in Abb. 1). Im Anschluss daran muss er die verschiedenen Ausprägungen der einzelnen Luftfahrzeugattribute erfassen. Hier soll er durch leicht aufzufassende graphische Visualisierungen der bisher alphanumerisch dargestellten Informationen unterstützt werden. Bei der Wahrnehmung von Attributänderungen soll er durch die Darstellung vergangenheitsbezogener Informationen entlastet werden. Ein regelbasiertes Assistenzsystem liefert nachvollziehbare Vorschläge zur Luftobjektklassifizierung, um die Relevanzeinschätzung von Attributveränderungen zu erleichtern. Die Eingabe in das Führungssystem wird mittels Standard-Funktionalitäten verwirklicht.

Gestaltungsgegenstand der semantischen Ebene ist die Konkretisierung des Konzepts, wozu auch die Festlegung der Funktionsteilung zwischen Operateur und System zählt. Wichtig im Anwendungsbeispiel war es, den Operateur bei seiner Aufgabenbearbeitung zu unterstützen und nicht Aufgabenabfolgen zu automatisieren. Ein Inferenzsystem soll dazu aufgrund bestimmter Regeln Klassifizierungsvorschläge unterbreiten. Beispielsweise kann es aufgrund des Luftstraßen konformen Verhaltens eines Tracks - welches sich aus Position, Geschwindigkeit und Höhe eines Objekts errechnet - diesen als ziviles Fahrzeug vorschlagen. Der Umgang des Operators mit dem System wird durch die Eigenschaften, Struktur und Funktionalität manipulierbarer Objekte beeinflusst. Verschiedene Operateure können die Bedeutung dieser Objekte unterschiedlich interpretieren. Folglich war es ein Ziel, diese Assoziationsstreuung zu beschränken und somit im Sinne der Selbstbeschreibungsfähigkeit möglichst aussagekräftige sowie eindeutige Funktionen und Objekte zu verwenden. Daher werden im Prototyp zum einen zivil gebräuchliche Funktionen und Metaphern, zum anderen die den Marine-Operateuren bekannten SATIR-Symbole und -Farben (7) verwendet.

Auf der syntaktischen Ebene müssen die Abfolge sachlogischer Dialogstrukturen sichergestellt und die Grundsätze zur ergonomischen Dialoggestaltung beachtet werden. Beispielsweise bedienen sich im Prototyp realisierte Sequenzen hauptsächlich der direkten Manipulation, wodurch eine Transparenz im Ablauf gewährt wird: Tracks können auf dem Radarbildschirm manuell angewählt und ihr Zustand durch entsprechend in Listen zur Verfügung gestellte Operationen verändert werden. Durchgängig für alle Dialogstrukturen wird der zeitlich-logische Ablauf berücksichtigt und durch Tooltip-Anzeigen die Lernförderlichkeit begünstigt. Zusätzlich wird die Übersichtlichkeit durch unveränderbare Fenstergrößen und -positionen erweitert, um einer Desorientierung vorzubeugen. Weitere berücksichtigte Kriterien sind die Erwartungskonformität durch die Sicherstellung von konsistenten Parameterbezeichnungen über die gesamte Benutzungsschnittstelle hinweg und die Steuerbarkeit des Dialogs durch eine individuell wählbare Dialoggeschwindigkeit.

Da auf die Wahl und räumliche Anordnung der Informationsein- und ausgabegeräte und alle weiteren vorgegebenen Umgebungsfaktoren innerhalb der Operationszentrale nicht eingewirkt werden konnte, wurden auf der physikalischen Ebene nur die Informationskodierung sowie die Anordnung der Anzeigen behandelt. Neben der Verwendung kontrastreicher Anzeigen mit ausreichender Größe bestand der Schwerpunkt in der Verbesserung der Wahrnehmbarkeit durch eine graphische Visualisierung. So repräsentieren Polardisplays (8) die jeweils sechs wichtigsten Attribute eines Luftobjekts und zeigen dessen Veränderungen graphisch durch Symmetriebrechungen an. Vergangenheitsbezogene Informationen können zum ei-

nen über verschiedene Graphen abgerufen werden (z.B. (4): die Geschwindigkeit über die Zeit), zum anderen wird die bisherige Flugroute angewählter Tracks auf einem Miniatur-Radar angezeigt (1). Klassifizierungsvorschläge werden in Evaluations-Displays dargeboten (3), welche in einem inneren Kreis den Vorschlag repräsentieren, in einem äußeren Kreisring die diesem Vorschlag zugrunde liegenden Attributausprägungen. Die Anzeige von Toleranzbereichen bezüglich bestimmter Attribute eines Tracks (vgl. (2): graue Sektoren) visualisieren deren Soll-Bereich sowie betreffende derzeitige Ausprägungen und Tendenzen des jeweiligen Tracks. Die Anordnung der unterschiedlichen Anzeigen ist so ausgelegt, dass auf einem Primärdisplay (A) sämtliche zur Klassifizierung der Tracks benötigten Operationen zur Verfügung gestellt werden: Radarbildschirm (6), Polardisplays (8), Toolbox (5) sowie Eigenschiffinformationen (9). Konkretere Informationen können je nach Bedarf für bis zu vier Tracks auf einem Sekundärbildschirm (B; die Darstellung zeigt Informationen zu zwei Tracks) aufgeschaltet werden.

3. Zusammenfassung und Ausblick

Wie das Beispiel der Luftraumüberwachung zeigt, lassen sich anhand des Semiotischen Modells hierarchische Stufen der Mensch-Computer-Interaktion differenzieren und zur systematischen Gestaltung verwenden. Auch bezogen auf eine geplante Evaluation hinsichtlich software-ergonomischer Kriterien lässt sich diese Systematik nutzen.

Im Kontext mit der Team-Situation von Operateuren in der Operationszentrale bewegter schwimmender Plattformen ist im nächsten Schritt eine Modellerweiterung bezogen auf die Mehrpersonenbetrachtung erforderlich, bei der auch makro-ergonomische Gesichtspunkte entsprechende Berücksichtigung finden.

4. Literatur

1. Foley, J., van Dam, A., Feiner, S., Hughes, J. 1990, Computer Graphics - Principles and Practice, 2nd edition. Reading, MA: Addison Wesley.
2. Herczeg, M. 2005, Software-Ergonomie – Grundlagen der Mensch-Computer-Kommunikation, 2. Auflage. München: Oldenbourg.
3. Klein, G. A. 1993, Recognition-Primed Decisions Model of Rapid Decision Making. In: G. A. Klein, J. Orasanu, R. Calderwood & C.E. Zsombok (Eds.), Decision Making in Action: Models and Methods. Norwood, NJ: Ablex.
4. Luczak, H., Springer, J. & Schmidt, L. 2006, Ergonomics of CAD Systems. In: W. Karwowski (Edt.), International Encyclopedia of Ergonomics and Human Factors, 2nd Edition, Volume 1. Boca Raton: Taylor & Francis, 1088-1093.
5. Morris, C. W. 1946, Sign, Language and Behavior. New York: Prentice-Hall.
6. Norman, D. A. 1986, Cognitive Engineering. In: D.A. Norman & S.W. Draper (Eds.), User Centered System Design. Hillsdale: Erlbaum, 31-61.
7. Rasmussen, J. 1986, Information Processing and Human-Machine Interaction: An Approach to Cognitive Engineering, Series in System Science and Engineering Volume 12. New York: North-Holland.
8. Schmidt, L. & Ley, D. 2008, Mensch-Computer-Interaktionsgestaltung zur Luftlagebewertung, i-com - Zeitschrift für interaktive und kooperative Medien, 7/1, im Druck.
9. Schmidt, L. & Luczak, H. 2006, Prozessführung und -überwachung in komplexen Mensch-Maschine-Systemen. In: B. Zimolong & U. Konradt (Hrsg.), Ingenieurpsychologie, Enzyklopädie der Psychologie Band D-III-2. Göttingen: Hogrefe, 807-838.
10. Sheridan, T. B. 2002, Humans and Automation: System Design and Research Issues, Wiley Series in Systems Engineering and Management Volume 3. New York: Wiley.

Ergonomische Gestaltung von Schleifarbeitsplätzen im Mercedes-Benz Werk Untertürkheim der Daimler AG

Matthias HILLECKE, Jörg METZLER und Peter BUBB

*Daimler AG, Werk Untertürkheim,
Hauspostcode M605, D-70546 Stuttgart*

Kurzfassung: Das vorgestellte Planungsprojekt beinhaltet eine ergonomische Gestaltung von Schleifarbeitsplätzen im Mercedes-Benz Werk Untertürkheim. Die Zielsetzung des Projektes ist eine Optimierung der Arbeitsbedingungen und daraus resultierend eine Produktivitäts- sowie Qualitätssteigerung. Ausgangspunkt des Projektes ist eine Ist-Zustandsanalyse der Arbeitsplätze. Dabei wurden Fragebögen eingesetzt und es erfolgen eine 3D-Modellierung des Arbeitsplatzes und der Einsatz des 3D-Modells RAMSIS an der Technischen Universität München. Auf Grundlage dieser Daten erfolgt die ergonomische Gestaltung der Arbeitsplätze mit kurzfristigen und mittel- bis langfristigen Maßnahmen (Neukonzeption).

Schlüsselwörter: Ergonomie, Arbeitsplatzgestaltung, Schmiede, Schleifarbeitsplatz.

1. Einleitung

Die Zielstellung des Planungsprojektes zur ergonomischen Gestaltung von Schleifarbeitsplätzen ist die Verbesserung der Arbeitsbedingungen für die Mitarbeiter im Bereich Schmiede. Zusätzlich soll die Produktivität sowie die Produktqualität erhöht werden, um eine Steigerung der Wirtschaftlichkeit zu erreichen.

Im Mercedes-Benz Werk Untertürkheim der Daimler AG sind an dem Projekt der Bereich Produktionsplanung Aggregate, Abteilung Gießerei- und Schmiedeplanung und der Bereich Produktions- und Technologiecenter Ur- und Umformen, Abteilung Produktion Massivumformung beteiligt. Zusätzlich erfolgte das Planungsprojekt unter Beteiligung von Mitarbeitern des Lehrstuhls für Ergonomie der TU München.

Im betrachteten Produktionsbereich umfasst das Produktspektrum die Bauteile Achsschenkel und Streben. Der Produktionsablauf gestaltet sich wie folgt: nachdem der Achsschenkel geschmiedet und abgekühlt ist, wird dieser in einer Strahlanlage gestrahlt. So wird Zunder am Bauteil entfernt. Anschließend erfolgt eine Rissprüfung der Bauteile auf Fehlstellen. Eventuelle Fehlstellen werden mit einem Farbstift gekennzeichnet. Gutteile werden zum Kunden (Produktion Achsen) geliefert und nachzubearbeitende Teile werden in das Schleifzentrum transportiert. Dort werden diese, nach einer Sichtprüfung der Fehlstellen, mit einer Bandschleifmaschine oder mittels Handschleifern geschliffen, so dass die Risstiefe beurteilt werden kann. Es erfolgt eine Trennung in Gutteile und Ausschuss. Die Gutteile werden anschließend erneut gestrahlt und rissgeprüft, ehe die Bauteile zum Kunden geliefert werden.

2. Methode

Ausgangspunkt des Planungsprojektes zur ergonomischen Gestaltung der

Schleifarbeitsplätze ist die Mitarbeiterbefragung. Mit dieser anonym durchgeführten Befragung sollen die Schwerpunkte, welche die Mitarbeiter hinsichtlich einer Überarbeitung ihrer Arbeitsplätze sehen, herausgearbeitet werden. Bestandteile des Fragebogens sind allgemeine Angaben zur Person, wie die Körpergröße, das Alter, Angabe über Sehhilfen und die Dauer des Arbeitseinsatzes in der Schleiferei. Eine Abschätzung der Beanspruchung der Mitarbeiter erfolgt durch die Befragung nach körperlichen Beschwerden während der Schleiftätigkeit. Die Erfassung der Gestaltungsdefizite wird erreicht durch eine Abfrage zur Qualität der Arbeit unter den Gesichtspunkten Lärm, Schleifstäube, Beleuchtung, Handhabung von Lasten, Körperhaltung und Körperunterstützung.

Neben der Mitarbeiterbefragung wird der Arbeitsplatz mit Hilfe einer 3D-Analyse beschrieben. Dazu wird der Arbeitsplatz fotografiert, vermessen und mit einem Computerprogramm nachgebildet. Mit dem Computerprogramm RAMSIS der TU München sind verschiedene Mitarbeiter mit ihren Abmessungen abbildbar, so dass Simulationen der Arbeitsbedingungen für verschieden große Mitarbeiter an diesem Arbeitsplatz durchgeführt werden. Dadurch werden zum Beispiel Hinweise auf erforderliche Verstellbereiche erarbeitet (Höhenverstellung Arbeitsplatz).

Ein zusätzliches Instrument für die Abbildung der Arbeitsbedingungen sind Video- und Bildmaterial. Diese dokumentieren den Ist-Zustand und lassen Rückschlüsse - wie zum Beispiel ungünstige Körperhaltung und hohe manuelle Lasthandhabungen - auf die körperlichen Beanspruchungen sowie möglichen Verbesserungen zu.

3. Ergebnisse

3.1. Ergebnisse Ist-Zustandsanalyse

Durch den Fragebogen sind Verbesserungsmöglichkeiten durch die Mitarbeiter identifiziert worden. Zu verbessernde Bereiche in der Arbeitsumgebung sind Lärm, Schleifstäube und die Beleuchtung am Arbeitsplatz. Zur Bearbeitung der Bauteile werden diese aus einer Kiste mit Schüttgut entnommen. Daraus ergibt sich eine körperliche Beanspruchung durch das Heben und Halten der Lasten und eine Lärmentwicklung bei der Bauteilablieferung (Bauteile werden in die Kisten geworfen). Durch die einheitlichen Schleifmaschinen und die unterschiedlichen Körpergrößen der Mitarbeiter ergeben sich teilweise ungünstige Körperhaltungen, die zu einer Ermüdung der Mitarbeiter führen.

Die Verbesserungswünsche der Mitarbeiter beziehen sich auf eine Entlastung durch die manuelle Handhabung der Bauteile. Zusätzlich soll die Möglichkeit bestehen, den Arbeitsplatz als kombinierten Sitz- und Steharbeitsplatz zu gestalten, um ungünstige Körperhaltungen über einen längeren Zeitraum zu vermeiden. Die Befragung nach Verbesserungen bezüglich der Vorratsbehälter ergab, dass eine geordnete Teileanlieferung gewünscht ist beziehungsweise die Anlieferung über eine Einrichtung ähnlich eines Förderbandes geschehen soll.

Die 3D-Nachbildung des Arbeitsplatzes und der Mitarbeiter ergab folgende Ergebnisse: die Körperhaltungen an den aktuellen Maschinen sind ungünstig und führen voraussichtlich zu einer Ermüdung des Mitarbeiters. Mit der Simulation der verschiedenen Körpergrößen wurde die optimale Arbeitshöhe in stehender und sitzender Tätigkeit für die Mitarbeiter ermittelt. So ergibt sich ein Verstellbereich der Arbeitshöhe, die allen Mitarbeitern das Schleifen in einer günstigen Körperhaltung ermöglicht.

3.2. Gestaltungsmaßnahmen und Neukonzeption

Die ergonomische Gestaltung der Schleifarbeitsplätze erfolgt auf Grundlage der Ergebnisse der Mitarbeiterbefragung und der 3D-Nachbildung. Diese Gestaltung gliedert sich in kurzfristige und mittel- bis langfristige Maßnahmen.

Die kurzfristigen Maßnahmen werden zunächst an einem Arbeitsplatz umgesetzt, um den Nutzen der Änderungen zu analysieren und bei positiver Rückmeldung auf die weiteren Schleifarbeitsplätze zu übertragen.

Abbildung 1 zeigt einen umgebauten Schleifarbeitsplatz. Umbaumaßnahmen sind die Erhöhung des Arbeitsplatzes (1) auf Grundlage der 3D-Simulation, zusätzliche Installation von Beleuchtung (2) und Anbringung von Handschleifgeräten im Greifraum der Mitarbeiter (3). Zusätzlich ist eine höhenverstellbare Fußstütze (4) am Arbeitsplatz angebracht, sowie ein Arbeitsstuhl mit großer Lehne (5) zur Rückenunterstützung.



Abbildung 1: Optimierter Schleifarbeitsplatz in der Schmiede des Mercedes-Benz Werkes Untertürkheim

Die mittel- bis langfristigen Maßnahmen zielen auf eine Neugestaltung der Schleifarbeitsplätze. Maßnahmen sind die individuelle Verstellmöglichkeit in der Arbeitshöhe, woraus sich die Möglichkeit eines kombinierten Steh- und Sitzarbeitsplatzes ergibt. Weitere Gestaltungsmaßnahmen sind die Lastabstützung von schweren Bauteilen zur Reduzierung der körperlichen Beanspruchung, die Anbringung von angepasster Beleuchtung und die Verwendung von Fördertechnik zur besseren An- und Ablieferung der Bauteile.

Die Abbildung 2 zeigt eine vereinfachte Darstellung des neuen Schleifarbeitsplatzes.

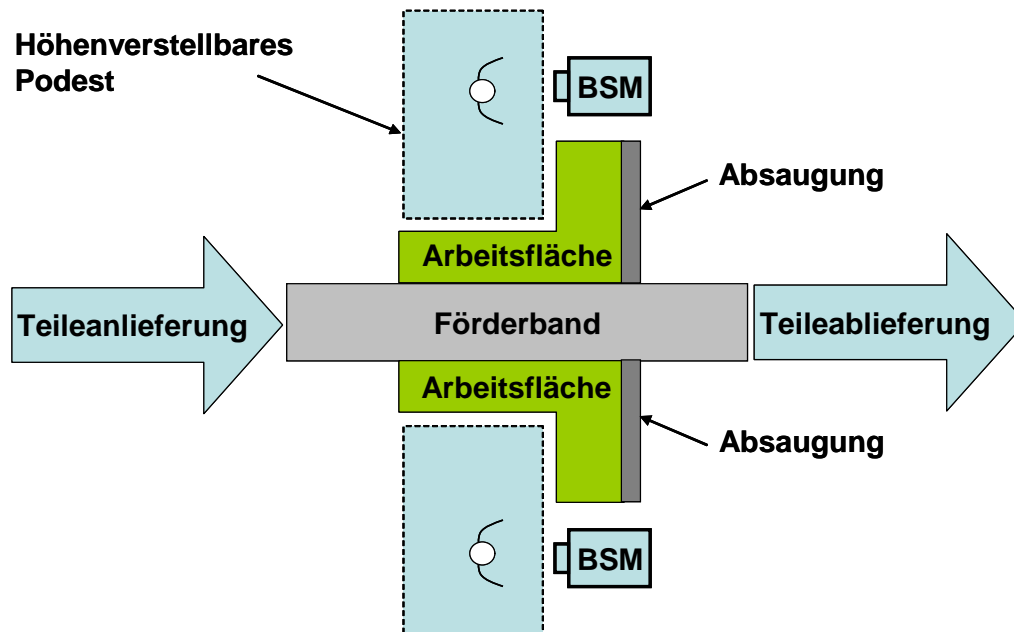


Abbildung 2: Layout-Konzept Neugestaltung Schleifarbeitsplätze

Grundkonzept ist hier die automatisierte Teilean- und -ablieferung über eine Kippvorrichtung oder mit Hilfe von Robotern. Der Teiletransport zur Bearbeitungsstation erfolgt über ein Förderband. Dadurch werden die manuellen Tragetätigkeiten der schweren Bauteile vermieden.

Zusätzlich ist eine Höhenverstellung der Bandschleifmaschine und des gesamten Arbeitsplatzes gegeben (Podest), wodurch der Mitarbeiter den Arbeitsplatz an seine Bedürfnisse anpassen und den Arbeitsplatz als kombinierten Steh- und Sitzarbeitsplatz nutzen kann.

4. Abschlussbetrachtung

Die Vorteile der ergonomischen Gestaltung der Schleifarbeitsplätze liegen in der Reduzierung der körperlichen Beanspruchung der Mitarbeiter, sowie der Erhöhung der Produktqualität und der Produktivität. Durch die Ist-Zustandsanalyse wurden Verbesserungsmöglichkeiten aufgenommen und in die Planung der ergonomischen Gestaltung übernommen.

Derzeit ist ein umgebauter Arbeitsplatz zur Erprobung im Einsatz. Durch die gesammelten Erfahrungen - diese werden mit Hilfe eines standardisierten Fragebogens erfasst - werden die Gestaltungsmaßnahmen weiter optimiert.

Parallel zu den mittel- bis langfristigen Maßnahmen wird der gesamte Fertigungsprozess optimiert. Durch eine fortschreitende Automatisierung und Verbesserungen der Arbeitsbedingungen an anderen Arbeitsstationen wird die gesamte Prozesskette verbessert und so die Produktivität der Anlagen erhöht.

Durch die Gestaltungsmaßnahmen sind die Tätigkeitsschwerpunkte der Mitarbeiter stärker an der eigentlichen Wertschöpfung der Produkte orientiert und zusätzliche Tätigkeiten, wie die manuelle Teilesortierung oder der Transport von Teilen, werden reduziert oder entfallen.

Der Mitarbeiter wird im gesamten Fertigungsprozess weiter entlastet, was sich positiv auf die Produktqualität auswirkt und die Ausbringung der Anlagen steigert.

Zur Sicherheitstechnik für seilunterstützte Arbeitsverfahren im Ingenieur- und Anlagenbau im internationalen Vergleich

Marco EINHAUS¹ und Olaf SABBAH²

¹ *Lehrstuhl für Arbeitswissenschaften, Technische Universität Chemnitz, Straße der Nationen 62, D-09107 Chemnitz*

² *Lehrstuhl für Ergonomie, Technische Universität München, Boltzmannstraße 15, D-85747 Garching bei München*

Kurzfassung: In zunehmendem Maße müssen Arbeiter und Monteu-re aufgrund von komplizierten Gebäudegeometrien schwierigste Montagesituationen unter ständiger Absturzgefahr meistern. Sicherheit hat dabei höchste Priorität! Ob Architekt, Konstrukteur, Fassadenbauer, Anlagenbetreiber, Bauherren oder Bauleiter; wird die Arbeitsaufgabe unter Absturzgefahr zu diffizil, greift man auf seilunterstützte Arbeitsverfahren zurück.

Schlüsselwörter: Seilunterstützte Arbeitsverfahren, Arbeitssicherheit.

1. Einleitung

Unter seilunterstützten Arbeitsverfahren versteht man den Einsatz von Arbeitnehmern, die sich mit persönlicher Schutzausrüstung gegen Absturz (PSA gA Auffanggurt, Verbindungsmittel, Bandfalldämpfer) an geeigneten Anschlagpunkten sichern, bis hinzu Höhenarbeitern, die am planmäßig belasteten Seil frei hängend besondere Montagen in großen Höhen ausführen (vgl. Abbildung1).

Diese Höhenarbeiter können unter Anwendung von Seiltechnik an vertikalen, hohen oder stark geneigten Fassaden, Bauten und Strukturen für den regelmäßigen Unterhalt, Kontrollarbeiten, kleine Renovierungen, Montagen und Installationen eingesetzt werden. Seilunterstützte Höhenarbeiten müssen nach der Deutschen Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) mit zwei voneinander unabhängigen Seilen durchgeführt werden. Das heißt, man benötigt ein Zugangs- und ein Positionierungsseil. Somit entsteht eine redundante Sicherung, die bei sicherheitsgerechter Anwendung ein Abstürzen unmöglich macht.



Abbildung 1: Einsatz von Höhenarbeitern in der Allianz Arena München

International stellt hier der Fachverband IRATA (Industrial Rope Access Trade Association) einige Vorgaben auf, die allerdings bisher nicht umfassend und ausrei-

chend an Deutsches Recht angepasst worden ist. In Deutschland beschäftigt sich u.a. der FISAT (Fach- und Interessenverband für seilunterstützte Arbeitstechniken) mit dem Thema. Wie oben beschrieben, sehen die Nutzer die verwendeten Sicherungsmittel nicht als hindernd an, sondern setzen diese sicher und produktivitätssteigernd in den Montageablauf ein. Aufgrund des in kürzester Zeit beim freien hängungsunfähigen Hängen auftretenden orthostatischen Schocks (Hängetrauma) ist bei der Rettung absolute Eile geboten. Ein leblos hängender Mensch sollte höchstens 20 Minuten in dieser Position verbleiben. Nach der Rettung sollte er in Kauerstellung (siehe BGR 199) verbracht werden, so dass das abgesackte Blut langsam wieder zurückfließen kann.

Ziel der Dissertation an der Professur Arbeitswissenschaft der TU Chemnitz ist es, durch arbeitswissenschaftlich fundierte Studien, den sicheren und wirtschaftlichen Einsatz von Höhenarbeitern zu bewerten und die Ausbildung zu standardisieren.

2. Versuchsaufbau und -durchführung

Ein Teil dieser Studien wurden im Rahmen einer Kooperation am Lehrstuhl für Ergonomie der Technischen Universität München durchgeführt. Dabei wurde in einem Probandenversuch in einem Gestell – zur Nachbildung hängender Arbeitsplätze – mit unterschiedlichen Sicherheitsgurtsystemen Körperhaltungen und Greifreichweiten mittels des Haltungsmessungsprogramms PCMAN abgebildet. Zusätzlich wurden Maximalkraftaufbringung (Rumpfbeuge und Armkraft in drei Richtungen) und aufkommender Diskomfort untersucht. Schließlich erfolgten Druckmessungen im freien Hängen an exponierten Stellen gemessen, um konstruktiv optimierte Druckverteilungen durch die Sicherheitsgurtsysteme abzubilden.

Zur Durchführung eigener Versuchsreihen wurde ein Hängegestell konstruiert. In diesem Hängegestell wurden, mit dem Ziel Probandenversuche durchzuführen, drei unterschiedliche Versuchsdesigns entwickelt.

- Anthropometrische Untersuchungen zur Analyse der Bewegungen von Höhenarbeitern während des freien Hängens im Gurt – inkl. Diskomfortuntersuchungen,
- Maximalkraftmessungen der a) Rumpfmuskulatur, b) Arm- und Schultermuskulatur (siehe Abbildung 2),
- Greifräume; im Hängen erreichbare Arbeitsbereiche



Abbildung 2: Kraftanalysen und Körperwinkelstellung mit Hilfe der PCMAN-Auswertung
Anthroanpassung – 3 Haltungen jedes Probanden wurden erfasst

Die Körperhaltungen wurden mit Hilfe der PCMAN-Auswertung erfasst, in die Software CATIA übertragen und die erforderlichen Winkel zur Bemessung der Momente um das Hüft-Becken System bestimmt.

Komplizierte Gebäudegeometrien erfordern schwierige Montagesituationen unter ständiger Absturzgefahr. Daher werden bei diffizilen Arbeitsaufgaben vermehrt seilunterstützte Arbeitsverfahren angewendet. Unter seilunterst. Arbeitsverfahren versteht man den Einsatz von Anwendern, die sich mit PSA gA an geeigneten Anschlagpunkten sichern, bis zu Höhenarbeitern, die am planmäßig belasteten Seil frei hängend besondere Montagen in großen Höhen ausführen. Die definitionsgemäße Trennung beider Verfahren wurde in Anlehnung an den Entwurf der prEN 363 und der BetrSichV vorgenommen. Demnach sind für seilunterstützte Zugangs- und Positionierungsverfahren immer ein planmäßig belastetes Arbeitsseil und ein unbelastetes Sicherungsseil redundant zu verwenden. Die PSA gA hingegen, wird nur zum Auffangen eines unbeabsichtigten Sturzes eingesetzt.

Für die Anwendung von PSA gA werden häufig Anschlageinrichtungen mit horizontal beweglichen Führungen nach EN 795 Teil C genutzt. Diese wurden in Verbindung mit den verwendeten Seilen auf ihre Tragfähigkeit und die erforderlichen Zwischenverankerungslängen untersucht.

Eine Versuchsreihe zur Ermittlung des Kraft-Dehnungsverhaltens von Kernmantelseilen mit geringer Dehnung nach EN 1891 wurde durchgeführt.

Empirische Untersuchungen zum Mikrosystem des Höhenarbeiters und Versuchsreihen zur Auswirkung der seilunterstützten Arbeitsverfahren und Prozesse auf den Menschen wurden durch arbeitsmedizinisch begleitete Probandenversuche und Bewegungsstudien realisiert.

Aus biomechanischen Betrachtungen der physischen Beanspruchung der Höhenarbeiter resultierte ein berufsspezifisches Präventionstraining.

Zur Eruierung der potentiellen Hängezeiten, ohne gesundheitliche Beeinträchtigung für den Höhenarbeiter, wurden Druckmessungen an unterschiedlichen Gurtsystemen und Sitzbrettern ausgeführt. Nach diesen Erkenntnissen sollte ein frei am Seil hängender Höhenarbeiter nicht länger als eine halbe Arbeitsschicht (ca. 5 h) seiner Tätigkeit nachgehen. Nach zwei Stunden ist eine ergonomische Pause vorzusehen, die vorzugsweise bei festem Stand erfolgen sollte.

Eine Expertenbefragung mit einem standardisierten Fragebogen zur seilunterstützten Höhenarbeit ergab, dass die Höhenarbeiter vorwiegend über Schmerzen im unteren Rücken klagten und die Verbesserung der Gurtergonomie als dringenden Handlungsbedarf anregten.

Ein Teil dieser Studien wurden in einer Kooperation am Lehrstuhl für Ergonomie der Technischen Universität München durchgeführt. Dabei wurde mit acht Probanden Versuche in einem Hängegestell durchgeführt. Zur Nachbildung hängender Arbeitsplätze wurde das Hängegestell mit unterschiedlichen Gurtsystemen Körperhaltungen und Greifreichweiten mittels des Haltungsmessungsprogramms PCMAN abgebildet. Hier ergaben sich maximale Greifräume um das Sternum von ca. 1 m. Zusätzlich wurden Maximalkraftaufbringung (Rumpfflexion und Armkraft in drei Bewegungsrichtungen) und aufkommender Diskomfort untersucht. Schließlich erfolgten Druckmessungen an exponierten Stellen, im freien Hängen gemessen, um konstruktiv optimierte Druckverteilungen durch die Gurtsysteme abzubilden.

Der Vergleich von internationalen Ausbildungsrichtlinien stellte die Grundlage der Evaluierung der Ausbildungsstandards dar. Diese führte zu dem Vorschlag eines national / international kompatiblen und gegenseitig anzuerkennenden Qualifikations- und Ausbildungskonzeptes, welches als Handlungsinstrument für die Anwender zu verstehen ist.

Diese Dissertation soll einen Beitrag leisten das Verletzungsrisiko und die arbeitsbedingten Gesundheitsgefahren der Höhenarbeiter zu minimieren und die seilunter-

stützten Zugangs- und Positionierungsverfahren als kalkulierbaren Arbeitsprozess zu etablieren.

3. Ergebnis und Ausblick

Die Ergebnisse aus den Biomechanikuntersuchungen zeigen auf, welche typischen Beanspruchungen auf den Höhenarbeiter bei seilunterstützten Arbeitsprozessen einwirken können. Weitere Forschungsarbeiten und die Entwicklung von Testmethoden werden benötigt, um die Langzeitwirkung und die gesundheitlichen Beeinträchtigungen genauer zu untersuchen und aussagekräftigere Messungen zu erlauben. Um die aufgestellten Hypothesen zum Hängetrauma zu bestätigen, benötigt man weitere arbeitsmedizinische Versuche und Untersuchungen mit größerer Probandenzahl. Der Forderung nach ständig mitzuführenden Entlastungsschlaufen, als Möglichkeit die Muskelpumpe in den unteren Extremitäten aktiv zu betätigen, um den venösen Rückfluss des Blutes zu gewährleisten, sollte Rechnung getragen werden.

Ausgehend von den Ergebnissen dieser Dissertation wären folgende, anschließende Arbeiten sinnvoll:

- Weiterführung der Untersuchungen und Analysen zum sternalen oder dorsalen Aufhängepunkt in Abhängigkeit des angewandten Verfahrens
- Biomechanische Untersuchung zur Beanspruchung der HWS während des Sturzvorganges mit tätigkeitsbezogener Gefährdungsbeurteilung
- Entwicklung von rechnergestützten Simulationsprogrammen zur Bewegungsanalyse bei Höhenarbeiten mit Hilfe von PCMAN oder dem digitalen Menschmodell RAMSIS
- Seilstatische Untersuchungen zum dynamischen Verhalten von Seilen für den Einsatz bei seilunterstützten Arbeitsverfahren
- Technische und ergonomische Weiterentwicklung von Produkten wie z. B. Sitzbrettern

Mindeststandards in der Ausbildung haben Einfluss auf das Lohnniveau und das Entgelt, welches von den Höhenarbeitern erzielt werden kann. Daraus leitet sich ab, dass Ausschreibende, Planer und Auftraggeber, im weltweiten Markt der seilunterstützten Arbeitsverfahren, die Qualität und den Schwierigkeitsgrad der Arbeitsprozesse der Höhenarbeit besser bewerten können müssten.

4. Literatur

1. Einhaus, M. 2007, Seilunterstützte Montageverfahren im Stahl- und Anlagenbau, Stahlbau, Heft 4/2007, 229-234.
2. Fachausschuss PSA 2006, Risikobeurteilung von Arbeiten mit Absturzgefahr bei Verwendung von PSA gegen Absturz bzw. PSA zum Retten aus Höhen und Tiefen, Leitlinie. Haan: BG BAU.
3. Lanc, O. 1975, Ergonomie. Psychologie der technischen Welt. Stuttgart: Verlag Kohlhammer.
4. Nohl, J. 1989, Verfahren zur Sicherheitsanalyse. Eine prospektive Methode zur Analyse und Bewertung von Gefährdungen. Wiesbaden: Deutscher Universitätsverlag.
5. Spanner-Ulmer, B. (2006). Welchen Beitrag leistet die Ergonomie zum Gesundheitsmanagement? In Kohstall, Th. (Hrsg.): Gesundheit in Total Management: Gesundheitsschutz im Betrieb effektiv steuern. Wiesbaden: Universum Verlag, S. 72 – 84.

Gestaltung eines Kranführersitzes in der Müllverbrennungsanlage

Philipp SURY, Marino MENOZZI und Esther BERGANDE

*Technology and Innovation Management, ETH Zürich,
Leonhardstrasse 27, CH – 8092 Zürich*

Kurzfassung: Ein bei der Müllverbrennung genutzter Kran erfordert vom Kranführer häufig das Einnehmen einer stark nach vorne gebeugten Sitzhaltung. Zwecks Optimierung des Arbeitsplatzes werden die Beschwerden der Kranführer mit dem „Nordic Questionnaire“ erfasst und die einzelnen Arbeitsschritte mittels videobasierter Verhaltensbeobachtung analysiert. Anhand einer Marktanalyse wird ein Lösungsvorschlag für die Optimierung des Arbeitsplatzes erarbeitet und implementiert. Der Erfolg der Umrüstung wird mittels „Nordic Questionnaire“ überprüft.

Schlüsselwörter: Kranführer, Sitzhaltung, Anthropometrie.

1. Einleitung

In der Kehrichtverbrennungsanlage wird der gesammelte Kehricht in einem Silo zwischengelagert. Die Zwischenlagerung dient zum einen der Pufferung des Kehrichts. Zum anderen wird bei der Zwischenlagerung der Kehricht durchmischt, sodass ein gleichmäßiger Brennwert des Kehrichtgutes erreicht wird. Die Durchmischung und die Zufuhr des Kehrichts zum Brennofen werden mittels eines Kranes bewerkstelligt. Für üblich wird der Kran von einer am oberen Rand des Silos in einem Kranführerstand sitzenden Person bedient (s. Abb. 1, links). Um Havarien und somit den Stillstand der Anlage zu vermeiden, muss der Kranführer die vertikale Position des Armes des Kranes mit hoher Präzision einstellen. Die Überwachung der Position des Armes erfolgt von Auge, wodurch der Kranführer gezwungen wird, eine nach vorne gebeugte Sitzhaltung einzunehmen (Abbildung 1, rechts).



Abbildung 1: Zwischenlagerung des Kehrichts im Silo (links). Sitzhaltung bei Sichtkontrolle der vertikalen Position des Armes des Kranes (rechts)

Eine Modernisierung der hier betrachteten Kehrichtverbrennungsanlage bietet die Möglichkeit der Sanierung des Kranführerstandes. Ziel der Sanierung soll die Reduktion der Beschwerden der Kranführer sein ohne den Arbeitsfluss zu ändern.

2. Methode

Da die Realisierung der Optimierung an zeitliche Bedingungen geknüpft ist, werden parallel nach marktgängigen Lösungen Ausschau gehalten als auch Lösungen auf dem Reißbrett entworfen. Grundlage für die Lösungen bietet eine videobasierte Tätigkeitsanalyse (Held 2003). Um den Erfolg einer Lösung zu untersuchen, werden die Beschwerden der Kranführer mittels dem „Nordic Questionnaire“ (Kuorinka et al. 1987) erhoben. Die Beschwerdehäufigkeiten vor und nach der implementierten Lösung werden miteinander verglichen.

3. Ergebnisse

Die Arbeitsanalyse mittels videobasierter Beobachtung zeigt, dass der Kranführer während 61% der Arbeitszeit in die Grube blickt. Dabei ist während 43% der Zeit der Blick senkrecht nach unten gerichtet, was eine ungünstige, sogar vom Schweizer Arbeitsgesetz aus zu vermeidende Körperhaltung bedingt. Nur gerade in 28% der Arbeitszeit liegt der Blick angenähert in der Horizontalen, sodass eine günstigere Körperhaltung eingenommen werden kann. Von diesen 28% der Zeit blickt der Kranführer 12% der Zeit in Richtung der beiden Einfülltrichter des Ofens und in Richtung des Shredders, also horizontal, und in 16% der Zeit auf einen Monitor, der leicht über Kopf angeordnet ist. Nur in 4% der Zeit lehnt sich der Kranführer zurück und entlastet dabei den Rücken. Eine detaillierte Analyse der Dauer verschiedener Arbeitsschritte in Prozent zur Gesamtdauer der Arbeit des Kranführers kann der folgenden Tab. 1 entnommen werden.

Tabelle 1: Aus der videobasierten Beobachtung abgeleitete Aufteilung der Dauer einzelner Arbeitsschritte des Kranführers. Die Prozentangaben beziehen sich auf die Gesamtdauer der Arbeit

Arbeitsschritt	Prozent der Arbeitszeit [%]
<i>Blick auf entfernten Trichter (horizontal)</i>	4
<i>Blick auf Grube links</i>	1
<i>Blick auf Grube Mitte (-25m)</i>	43
<i>Blick auf Grube rechts</i>	17
<i>Blick auf Monitor</i>	16
<i>Blick auf Shredder (horizontal)</i>	2
<i>Blick auf nahen Trichter (horizontal)</i>	6
<i>Back to Joysticks</i>	4
<i>LED / Piepser</i>	0
<i>Monitor Bedienpanel</i>	2
<i>Shredder Bedienpanel</i>	1
<i>Telephon</i>	1
<i>Benutzung Rückenlehne</i>	4
<i>Blick auf Person gegenüber</i>	0

Den Daten aus der Tabelle 1 liegt eine Beobachtungszeit von 4,75 Stunden zu Grunde. Die Beobachtungen bestätigen die Vermutung, dass die Beschwerden der Kranführer von der ungeeigneten Körperhaltung her rühren. Die zu implementierende Lösung muss deshalb eine bessere Körperhaltung ermöglichen, ohne dass der nach unten gerichtete Blick in die Grube verhindert wird. Aus der Beobachtung wird auch die Notwendigkeit der Nutzung verschiedener Arbeitsinstrumente wie Joysticks oder Monitore ersichtlich. Diese sind ungünstig angeordnet und nur ungenügend auf die individuellen Bedürfnisse platzierbar. Aus der Evaluation von Produkten des Marktes wird gefolgert, dass lediglich die Wahl eines besseren Sitzes für den Kranführerstand eine rasche Verbesserung der Umstände herbeiführen kann. Andere Möglichkeiten, wie eine vollständige Überwachung des Kranarmes über Monitor bedürfen einer ausgedehnten Abschätzung des Nutzens und der Akzeptanz der Kranführer für die neue Massnahme. Die auf dem Reissbrett entstandenen Lösungsvorschläge werden als künftige Massnahmen diskutiert. Unter diesen befindet sich z. B. die Anbringung des Kranführerstandes auf der Höhe des Spiegels des Kehrichts, was dank Seitenansicht des Greifarmes eine optimale Schätzung der vertikalen Position erlaubt. Auch wurden etliche Varianten entworfen, die eine vorgeneigte Körperhaltung ermöglichen und dabei das Körpergewicht z. B. mit einer Bügelvorrichtung für den Oberkörper und einer Stirnstütze, auffangen. Als verbesserte Sitzmöglichkeit wurden, unter anderem, diverse Stehhilfen evaluiert. Diese führen dazu, dass der Kopf bei Blick nach unten im Vergleich zum vorhandenen Sitz (s. Abbildung 1) weniger nach vorne verschoben werden muss und dadurch die gesamte Sitzhaltung verbessert wird. Auch würde dadurch der Beckenwinkel gegenüber der Situation aus Abbildung 1 geöffnet, was von Vorteil ist. Diese Lösungen bringen jedoch grössere, unerwünschte Umstellungen mit sich, sodass der Einsatz einer verbesserten Sitzgelegenheit, die mit der Sitzgelegenheit aus Abbildung 1 verwandt ist, den Stehhilfen vorzuziehen ist. Ein ähnlicher Effekt ist durch Verwendung eines Sitzkeils zu erwarten. Im Vergleich zur Stehhilfe ist der Effekt des Sitzkeils in Bezug auf die Körperhaltung bei nach unten geneigtem Blick geringer. Beim Sitzkeil besteht gegenüber der Stehhilfe jedoch der Vorteil einer geringeren Scherkraft, die auf die Füsse wirkt. Aus oben genannten Gründen wurde nach einem „konventionellen“ Sitz mit folgenden Spezifikationen Ausschau gehalten: neigbarer Sitz mit Lordosenstütze, höhenverstellbare Bedienpulte (s. z. B. Joysticks Abbildung 1) mit Armlehne, Fussstützen und Sitzgurt zum Abstützen, Aussparung im Sitz, die den Blick nach unten vereinfacht, Memory - Funktion für individuelle Einstellungen, integrierte Ablagefläche für diverse Utensilien. Der Markt bietet hierfür Lösungsvorschläge an, die dem FSMMDER Standard für Kranführerstände genügen, eine Voraussetzung, die auch dem hiesigen Arbeitsplatz zu Nutze kommt. Ein Sitz der Fa. Spohn & Burkart, der sog. Komfort Sitz S 210 Y erfüllt den oben erwähnten Kriterienkatalog. In Abbildung 2 ist der Sitz abgebildet.

4. Diskussion

Der Umbau wird demnächst erfolgen. Es kann angenommen werden, dass sich dank des neuen Sitzes das Beschwerdebild der Kranfahrer verbessern wird. Dennoch drängt sich eine radikale Umgestaltung dieses Arbeitsplatzes auf. Ähnlich gelagerte Problemstellungen finden sich nebst bei der Müllverbrennung auch bei Verladestationen für Container (Wang et al. 2003) oder bei lang dauernden chirurgischen Eingriffen (Albayrak et al. 2006). Radikale Verbesserungen werden grundsätzlich

nicht mit Vorrang angegangen.



Abbildung 2: Ausgewählter Sitz für den Einsatz im Kranführerstand der Müllverbrennungsanlage. Die Aussparung auf der Sitzvorderseite ermöglicht eine verbesserte Körperhaltung bei Blick nach unten im Vergleich zum Sitz ohne Aussparung

5. Literatur

1. Held, J. 2003, Method and device for manual recording of various events or states, US Patent 6,525,712.
2. Kuorinka, I., Jonsson, B., Kilbom, A., Vinterberg, H., Biering-Sorensen, F., Andersson, G. & Jorgensen K. 1987, Standardised Nordic, Questionnaires for the analysis of musculoskeletal symptoms, *Applied Ergonomics*, 18, 233-237.
3. Wang, X., Dolivet, C., Brunel, N. & Minguy, J. 2003, Workplace design of a gantry container crane cab on the basis of field surveys followed by three-dimensional computer simulation using a digital human model, *Recherche Transports Sécurité*, 78, 43–61.
4. Albayrak, A., van Veelen, M., Prins, J., Sniijders, C., de Ridder, H. & Kazemier, G. 2006, Reducing muscle activity of the surgeon during surgical procedures. In: R.N. Pikaar, E.A.P. Koningsveld & P.J.M. Settels (Eds.), *Meeting Diversity in Ergonomics*. Amsterdam: Elsevier.

Ein Vorgehensmodell für die Transformation vom Produkthersteller zum Lösungsanbieter

Thomas GÄRTNER, Simone ROCHHOLD und Susanne MÜTZE-NIEWÖHNER

*Lehrstuhl und Institut für Arbeitswissenschaft, RWTH Aachen,
Bergdriesch 27, D-52062 Aachen*

Kurzfassung: Um dem Preiswettbewerb zu begegnen, wandeln sich viele Produkthersteller zu Lösungsanbietern, indem sie ihre Kernprodukte um Dienstleistungen erweitern und somit ein kundenindividuelles, hybrides Leistungsbündel mit einem deutlichen Mehrwert für den Kunden schaffen. Das Anbieten von Lösungen bedeutet zugleich, dass Unternehmen ihr Produkt- und Dienstleistungsangebot, ihre Prozesse, Organisation und Mitarbeiter-kompetenzen anpassen müssen. Im Projekt Fit2Solve wurde ein Vorgehensmodell entwickelt, das sich auf diese Handlungsfelder stützt. Mit Praxispartnern wird das Vorgehen pilotartig erprobt.

Schlüsselwörter: Dienstleistungsmanagement, Unternehmensentwicklung.

1. Einleitung

In vielen Branchen der Investitionsgüterindustrie erschweren der Preisdruck durch Anbieter aus Billiglohnländern, ein schneller werdender Wissenstransfer sowie die internationale Angleichung von Standards die Differenzierung eines Produktherstellers gegenüber seinen Konkurrenten. Eine Strategie im Preiswettbewerb liegt im Anbieten von Lösungen. Lösungen stellen eine Kombination von problemorientierten, kundenindividuellen und in die Leistungserbringung des Kunden integrierte Sach- und Dienstleistungen dar. Um dieses Leistungsbündel genau abzustimmen, ist eine enge Kooperation mit dem Kunden nötig. Dies gelingt durch eine Ausrichtung der Prozesse eines Unternehmens auf seine Kunden und die Integration dessen bei der Leistungserstellung.

Bereits 1997 boten 94 % der Industrieunternehmen produktbegleitende Dienstleistungen an (Lay & Kinkel 2000). Nachdem diese zunächst als notwendige Reaktion auf den Druck des Markts (Schenk et al. 2006) angeboten wurden, erkannte man unlängst die Differenzierungspotenziale von kundenindividuellen und integrierten Sach- und Dienstleistungen. Die heutige Bedeutung des Lösungsgeschäfts wird durch eine im Jahr 2007 im Rahmen des Forschungsprojekts Fit2Solve durchgeführte Studie (N=99) der Fraunhofergesellschaft-IAO deutlich (Sturm et al. 2007). Rund 80 % der befragten deutschen Unternehmen sehen sich bereits als Lösungsanbieter oder auf fortgeschrittenem Weg dahin und 97 % halten Kundenlösungen für wichtig oder sehr wichtig, um erfolgreich am Markt zu agieren.

In dem vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderten Projekt Fit2Solve wird der Frage nachgegangen, wie sich Investitionsgüterhersteller in Zusammenarbeit mit deren Kunden zum Lösungsanbieter wandeln können, um dadurch neue Differenzierungspotenziale auszuschöpfen und Wachstum zu ermöglichen. Von den wissenschaftlichen Partnern werden in Kooperation mit vier Unternehmen in en-

ger Zusammenarbeit mit deren Kunden Vorgehen, Methoden und Instrumente erarbeitet, die das Lösungsmanagement unterstützen.

In diesem Beitrag wird ein Vorgehensmodell für die Transformation zum Lösungsanbieter vorgestellt und am Beispiel eines Wasserkraftanlagenherstellers verdeutlicht.

2. Vorgehensmodell zur Unterstützung des Wandels zum Lösungsanbieter

Die Transformation zum Lösungsanbieter erfordert ein grundlegendes Umdenken in Bezug auf die angebotenen Leistungen, organisatorischen Abläufe und Strukturen sowie die Kompetenzen eines Unternehmens. Deshalb wurden im Projekt Fit2Solve mit Hilfe von Befragungen und Workshops die Handlungsfelder identifiziert, die ein Unternehmen angehen muss, um ein erfolgreicher Lösungsanbieter zu werden (siehe Abb. 1). Neben dem Erwerb von tief gehenden Kundenkenntnissen und einer gezielten Verzahnung der Produkt- und Dienstleistungsentwicklung steigern Lösungsanbieter die Wertschöpfung durch Übernahme neuer Aufgaben in der Wertschöpfungskette ihres Kunden. Sie erreichen so eine Differenzierung am Markt durch kundenorientierte Lösungskompetenz. Dazu ist es zunächst nötig, die Aufbau- und Ablauforganisation kooperationsfähig zu gestalten, bei den Mitarbeitern die Problemlösungskompetenz zu entwickeln und adäquate Steuerungstools bereitzustellen.

Basierend auf diesen Handlungsfeldern wurde ein Vorgehen erarbeitet, das den Wandel zum Lösungsanbieter fokussiert (siehe Abb. 1). Mit Hilfe eines Fragebogens und eines Workshops wird zunächst die Ausgangssituation eines Unternehmens in Hinblick auf die angebotenen Produkte, den herrschenden Wettbewerb, den Kunden etc. erarbeitet und nach den Handlungsfeldern strukturiert. In einem zweiten Schritt wird die Vision in Bezug auf das Lösungsmanagement erarbeitet und der Sollzustand detailliert. Darauf aufbauend wird die „Roadmap“ formuliert, die den zeitlichen Horizont und konkreten Zustand, den das Unternehmen als Lösungsanbieter erlangen möchte, abbildet.

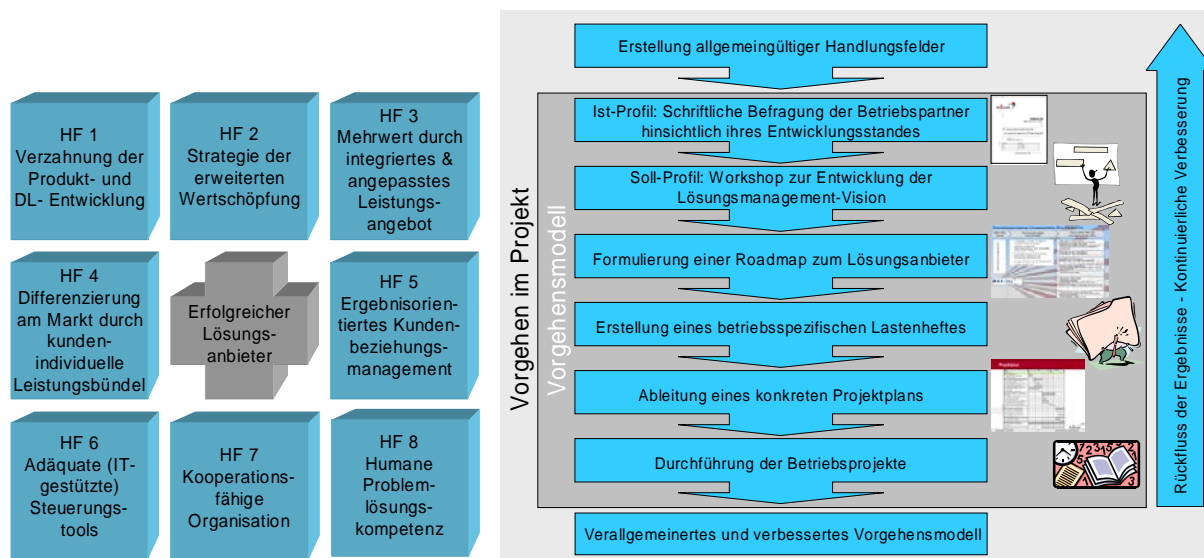


Abbildung 1: Handlungsfelder (HF) eines Lösungsanbieters (links) und Vorgehensmodell für den Wandel (rechts)

Um den Wandel zum Lösungsanbieter anzustoßen, werden Pilotprojekte gestartet. Auf Basis der skizzierten Vision unter Abgleich der Ist-Situation wird von den Betriebspartnern und den wissenschaftlichen Partnern abgeschätzt, welche Ziele realistisch bis zum Ende des Pilotprojekts erreicht werden können. Diese betriebspezifischen Anforderungen an das Projekt erhalten ihre Verbindlichkeit durch die Dokumentation im Lastenheft. Die Anforderungen werden anschließend in konkrete Arbeitspakete überführt und mit Dauer, Zielterminen und Verantwortlichkeiten hinterlegt in Projektplänen dargestellt.

3. Entwicklung eines Produktherstellers zum Lösungsanbieter am Fallbeispiel der MAX-tec Wasserkraft AG

Das in Kapitel 2 beschriebene Vorgehen wird pilotartig mit dem Partnerunternehmen MAX-tec Wasserkraft AG erprobt. Die MAX-tec ist ein im Jahre 2005 gegründetes Unternehmen, das kleine Wasserkraftanlagen mit innovativer Technologie baut. Die Vision von MAX-tec (siehe Abb. 2) ist die Entwicklung des Unternehmens zum Anbieter von kundenindividuellen Lösungen im Bereich Wasserkraft und Energie. Dazu wird eine Konzentration auf die Weiterentwicklung der vorhandenen Produktideen, die Generierung von neuen Dienstleistungen sowie die Stärkung der Vertriebsstrategie fokussiert.

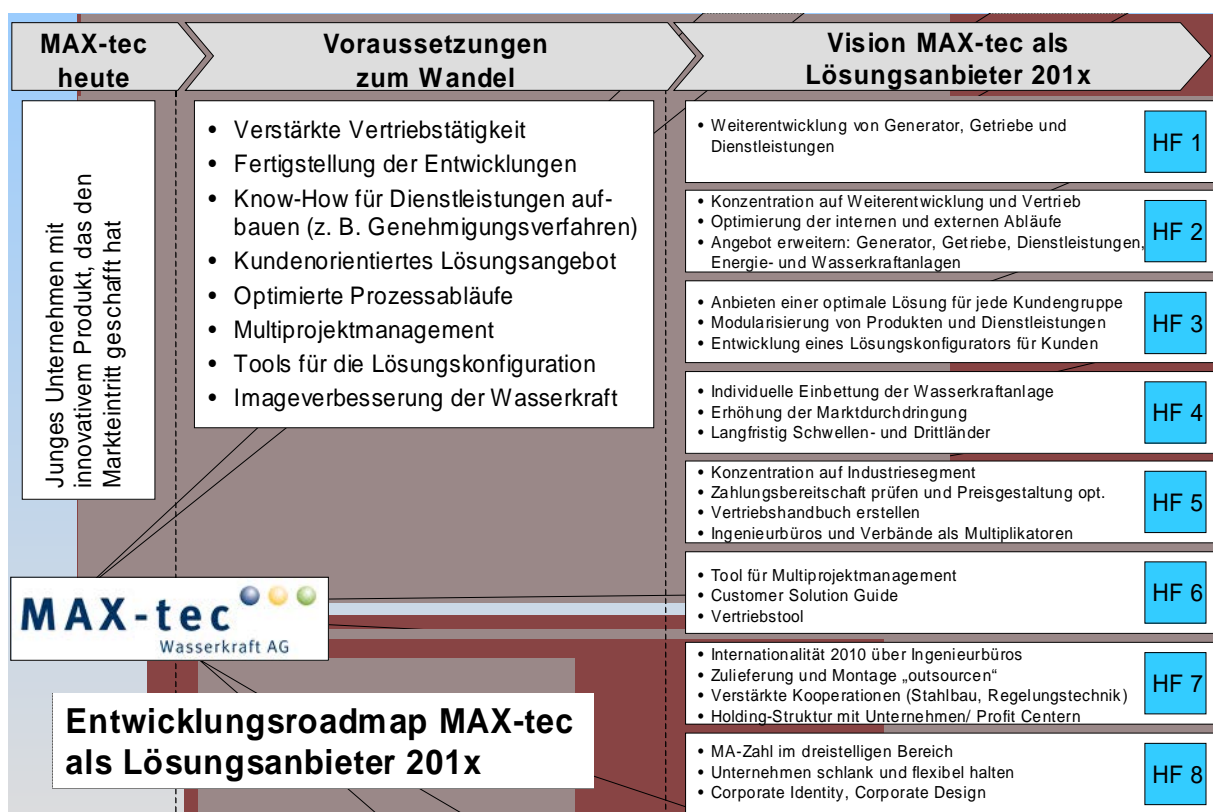


Abbildung 2: Entwicklungsroadmap der MAX-tec Wasserkraft AG

Zunächst ist es für die MAX-tec unablässig, die notwendigen Voraussetzungen für die Transformation zu schaffen. Für eine stärkere Marktdurchdringung ist eine regionale Ausrichtung von Referenzprojekten notwendig. Dazu können regionale Netzwerke wie Verbände und Ingenieurbüros genutzt werden. Zusätzlich muss Know-how

auf mehreren Ebenen aufgebaut werden, dazu zählen z. B. tiefgehende Kenntnisse über Genehmigungsverfahren im industriellen und privatrechtlichen Bereich. Aus diesem Wissen könnten zusätzliche Dienstleistungen (z. B. Beratung bei Genehmigungsverfahren) entwickelt werden, die neben neuen technischen Entwicklungen (z. B. Erhöhung der Umweltverträglichkeit durch Verwendung biogener Schmierstoffe) zu einem abgerundeten Lösungsportfolio beitragen und den Lebenszyklus der Anlage abdecken. Ein modularer Aufbau von Produkten und Dienstleistungen ermöglicht dabei in kurzer Zeit die Kombination von individuellen Kundenlösungen. Der Kunde selbst wird über ein Internetportal die Möglichkeit haben, die für ihn optimale Lösung zu konfigurieren. Um sich kontinuierlich zu verbessern, müssen die Abläufe und Prozesse z. B. in Form eines Vertriebshandbuches standardisiert und fortlaufend auf Verbesserungspotenziale überprüft werden.

Mit einer gestiegenen Produktreife und nach einer Durchdringung des deutschen Marktes sollen die Anlagen verstärkt in Dritt- und Schwellenländer als dezentrale Energieversorgungseinheiten verkauft werden. Dies kann durch Kooperationen mit Ingenieurbüros geschehen. Da die MAX-tec ihre Kernkompetenz in der Entwicklung, Konstruktion, Planung und Instandsetzung von Wasserkraftanlagen und den dazugehörigen technischen Einrichtungen und Dienstleistungen sieht, sollen die Produktion, Zulieferung und Montage möglichst an Partnerunternehmen abgegeben werden. Intern sollen im Jahre 2012 die Produkte und Dienstleistungen in eigenen Unternehmen oder Profit-Centern gegliedert sein, die unter dem Dach einer Holding zusammengefasst werden. Dies ermöglicht den einzelnen Sparten unter einer gemeinsamen Corporate Identity und einem einheitlichen Design die Flexibilität, aber auch die Kundenorientierung eines Kleinunternehmens zu bewahren.

Mit diesen einleitenden Schritten wird es der MAX-tec ermöglicht, ihre Kunden stärker in ihre Prozessabläufe zu integrieren und sich langfristig zum Lösungsanbieter zu entwickeln.

4. Literatur

1. Lay, G. & Kinkel, S. 2000, Schneller, innovativer, produktiver. Entwicklung der Leistungsfähigkeit der deutschen Investitionsgüterindustrie, Mitteilungen aus der Produktionsinnovationserhebung. Karlsruhe: Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung.
2. Sturm, F., Bading, A. & Schubert, M. 2007, Investitionsgüterhersteller auf dem Weg zum Lösungsanbieter – eine empirische Studie. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag, 18 f..
3. Schenk, M., Ryll, F. & Schady, R. 2006, Anforderungen an den Produktentwicklungsprozess für hybride Produkte im Anlagenbau, Industrie Management, 22, 55-58.

Mitarbeiterbeurteilung und Fairness: eine Untersuchung über die Implementierung eines automatisierten Prozesses zur Mitarbeiterbeurteilung

Christina SCHWARZ und Petia GENKOVA

*Fach Psychologie, Universität Passau,
Innstraße 33, D-94032 Passau*

Kurzfassung: Als Personalmaßnahme wurde eine Untersuchung über die Zufriedenheit mit dem Leistungsbeurteilungssystem in einem großen Automobilunternehmen durchgeführt. Es wurden zwei Vergleichsgruppen – Führungskräfte und Mitarbeiter – befragt, um festzustellen, welche Prädiktoren die Arbeitszufriedenheit und die Akzeptanz der Leistungsbeurteilung beeinflussen. Die Ergebnisse weisen auf signifikante Unterschiede hin. Generell haben die Führungskräfte eine positivere Einstellung gegenüber dem Beurteilungssystem als die Mitarbeiter, lediglich für den Faktor Praktikabilität zeigten die Führungskräfte eine höhere Unzufriedenheit. Die Dimension Fairness wurde für beide Gruppen als der einflussreichste Faktor für die Gesamtzufriedenheit mit der Beurteilung identifiziert. Für die Führungskräfte ist allein Fairness für die Zufriedenheit mit dem Beurteilungssystem ausschlaggebend. Die befragten Mitarbeiter hingegen halten auch ein transparentes und verständliches Beurteilungssystem für wichtig.

Schlüsselwörter: Leistungsbeurteilung, Führung, Fairness.

1. Einleitung

Mit Leistungsbeurteilungen als Instrument des Personalmanagements werden in Organisationen verschiedene Absichten verfolgt. Diese umfassen Belohnung und Sanktionierung sowie Wissens- und Erfahrungszuwachs für die Mitarbeiter und die Organisation (Dickinson 1993). Dennoch sind sie eine der weniger beliebten Aufgaben bei Führungskräften. Dies gilt vor allem für formelle, zeitaufwändige Beurteilungsverfahren mit festgelegten Terminen und obligatorischen Beurteilungsgesprächen (Schuler 2004). Häufig werden nicht Motivation und Leistungsverbesserung, sondern Frustration und Ablehnung von Seiten der Vorgesetzten und Mitarbeiter erreicht. Problematisch an negativen Haltungen der Beurteilten und der Beurteiler ist, dass das Evaluationssystem und dessen Ergebnisse nicht akzeptiert werden. Das Resultat können Konflikte, Unzufriedenheit und mangelnde Identifikation sein (Dickinson 1993; Gilliland & Langdon 1998).

Die Meinung der Betroffenen über den Beurteilungsprozess und das Vertrauen gegenüber dem Evaluationssystem sind ausschlaggebend für dessen langfristige Effektivität (Lawler 1967). Die Dimensionen Fairness und Praktikabilität erweisen sich häufig als nachhaltige Einflussfaktoren. Ungerechtigkeit kann zu einer der größten Störquellen im sozialen Miteinander werden. Fairness bezieht sich auf das Ausmaß, in dem die Prozesse und die verteilten Endergebnisse als gerecht, angemessen und konsistent empfunden werden. Die von den Mitarbeitern wahrgenommene Fairness hat signifikanten Einfluss auf die Akzeptanz der Leistungsbeurteilung und die Zufrie-

denheit mit dem gesamten Beurteilungssystem (Gilliland & Langdon 1998).

Verständlichkeit und Anwenderfreundlichkeit eines Evaluationssystems werden vor allem von Führungskräften gefordert. Ein praktikables, leicht verständliches und anwenderfreundliches System führt zu positiveren Reaktionen als ein kompliziertes und schwer verständliches System (Schuler & Marcus 2004).

2. Fragestellung und Hypothesen

Da das in einem großen Unternehmen der Automobilbranche praktizierte Leistungsbeurteilungssystem keine Akzeptanz bei den Beschäftigten fand, wurde eine Befragung durchgeführt, um die Einstellung der Mitarbeiter und Führungskräfte zu dem praktizierten Leistungsbeurteilungssystem zu untersuchen. Ziel der Analyse war es, die Reaktionen beider Gruppen herauszuarbeiten und dadurch die Gründe der Unzufriedenheit zu identifizieren. Die ermittelten Schwachstellen des Leistungsbeurteilungssystems sollten anschließend verändert werden, um die Zufriedenheit und Akzeptanz zu verbessern. Das untersuchte Beurteilungssystem wurde ca. vier Jahre vor der Datenerhebung eingeführt. Die Leistungsbeurteilung findet einmal im Jahr statt. Die Leistungsbewertung erfolgt nach fünf Kriterien, die jeweils fünf Ausprägungen haben.

Das untersuchte Beurteilungssystem wurde ca. vier Jahre vor der Datenerhebung eingeführt. Die Beurteilung findet einmal im Jahr statt. Leistung wird nach fünf Kriterien und jeweils in fünf Abstufungen bewertet.

Es handelt sich im vorliegenden Fall um eine quantitative Untersuchung. Es werden drei Hypothesen untersucht: (1) Die Einstellungen der Befragten gegenüber der Leistungsbeurteilung spiegeln sich in mehreren Dimensionen wider, (2) die befragten Gruppen unterscheiden sich in ihren Einstellungen gegenüber dem Beurteilungssystem und (3) die Einstellungen gegenüber dem Beurteilungssystem sagen die Akzeptanz des Beurteilungssystems unterschiedlich stark voraus.

3. Stichprobe und Messinstrumente

Die Daten wurden durch eine Mitarbeiterbefragung mittels schriftlichen Fragebogens erhoben. Es wurden getrennte Fragebögen für Führungskräfte und Mitarbeiter entworfen. Der Fragebogen für Führungskräfte war auf die Perspektive des Beurteilers zugeschnitten. Der Mitarbeiterfragebogen richtete sich an die Personen, die eine Leistungsbeurteilung und Feedback erhalten.

Für die Dimensionen Leistungsbeurteilungssystem, Ergebnisse und Prozesse der Leistungsbeurteilung, Feedbackgespräch, Weiterentwicklung und Training sowie demographische Merkmale wurden Items gebildet. Die Variablen wurden, wie von Bungard et al. (1996) vorgeschlagen, anhand der vermuteten Problemfelder konstruiert. Die Items wurden neu erstellt oder unter Zuhilfenahme von existierender Skalen von Giles und Mossholder (1990), Leventhal (1980), Folger et al. (1992), Greenberg (1986), Landy et al. (1978) und Gilliland & Langdon (1998) formuliert und an die konkreten Problemstellungen angepasst. In erster Linie wurden geschlossene Fragen gestellt, die durch Ankreuzen der zutreffenden Antwortoption auf einer siebenstufigen Skala beantwortet wurden. Ergänzt wurde der Fragebogen durch offene Fragen zum Abschluss jeder thematischen Einheit sowie biographische Angaben. Der Mitarbeiterfragebogen bestand aus 45 Items, der Fragebogen für Beurteiler aus 44 Items.

In verschiedenen, thematisch jedoch identischen Fragebögen wurden in einem Zeitraum von drei Wochen 102 Führungskräfte und 522 Mitarbeiter befragt. Die Rücksendung der Fragebögen erfolgte anonym. An der Befragung beteiligten sich insgesamt 406 Personen, davon 56 Führungskräfte und 350 Mitarbeiter. Dies entspricht einer Rücklaufquote von 65%, die als sehr gut zu bewerten ist. Aufgrund der Größe der Stichprobe sind die Ergebnisse als recht verlässlich anzusehen. Die Zusammensetzung der Stichprobe kann als repräsentativ für die Belegschaft des Unternehmens gelten.

4. Ergebnisse und Diskussion

Zur Überprüfung der Hypothese 1 wurden die erhobenen Daten faktoranalytisch über eine Hauptkomponentenmethode mit anschließender Varimax-Rotation ausgewertet, wobei die inhaltliche Interpretation der Faktoren nur Items mit Ladungen von ³ 0.50 berücksichtigt. Die für die Fragebögen der Mitarbeiter und Führungskräfte jeweils getrennt gerechneten Faktorenanalysen führten zu sechs vergleichbaren Dimensionen: Systemverständnis, Systempraktikabilität, wahrgenommene Fairness, Kompetenz des Vorgesetzten, Zufriedenheit mit dem Feedbackgespräch und Zufriedenheit mit Weiterentwicklung und Training. Somit wurde Hypothese 1 bestätigt. Daneben zeigt die Gruppe der Führungskräfte eine differenziertere Sicht auf die Leistungsbeurteilung, da hier weitere Dimensionen identifiziert werden konnten, in denen sich der Arbeitsaufwand, die Genauigkeit und Nützlichkeit der Beurteilung, die Beurteilungskriterien, Partizipationsmöglichkeiten im Feedback, Fairness des Feedbacks und die Nützlichkeit des Verbesserungspotenzials abbilden.

Über für jede Dimension getrennt durchgeführte 1-faktorielle Varianzanalysen wurden die zwischen den Mitarbeitern und Führungskräften bestehenden Unterschiede auf Signifikanz geprüft (vgl. Tabelle 1). Danach treten bedeutsame Abweichungen zwischen beiden Gruppen im Systemverständnis, der Wahrnehmung der Kompetenz des Vorgesetzten und des Feedbackgesprächs auf (ein höherer Mittelwert zeigt eine stärkere Ablehnung an). Hypothese 2 kann damit als teilweise bestätigt gelten.

Tabelle 1: Ergebnisse der 1-faktoriellen Varianzanalysen (MW=Mittelwert; SD=Standardabweichung; df=Anzahl der Freiheitsgrade, p=Irrtumswahrscheinlichkeit)

Dimension	Stichprobe				1-faktorielle Varianzanalyse		
	Mitarbeiter		Führungskräfte				
	MW	SD	MW	SD	F-Wert	df1 / df2	p
Systemverständnis	3.93	1.50	3.46	1.46	4.79	1 / 404	< 0.050
Kompetenz des Vorgesetzten	3.11	2.26	2.09	1.93	10.27	1 / 404	< 0.001
Feedbackgespräch	3.23	1.66	2.56	1.23	8.54	1 / 403	< 0.001

Die zur Prüfung der 3. Hypothese nach dem Einschlussverfahren durchgeführte multiple Regressionsanalyse belegt, dass bei den Mitarbeitern fünf Dimensionen, die insgesamt 52 Prozent der Varianz binden, überzufällig zur Vorhersage der Gesamtzufriedenheit mit dem Beurteilungssystem beitragen, wobei der Aspekt der „Fairness“ den größten Einfluss hat (vergleiche Tabelle 2). Bei den Führungskräften lässt sich

dagegen nur die Dimension „Fairness“ mit einer Varianzaufklärung von 63 Prozent als substantieller Prädiktor identifizieren.

Tabelle 2: Ergebnisse der multiplen Regressionsanalysen (p =Irrtumswahrscheinlichkeit)

Dimension	Stichprobe			
	Mitarbeiter		Führungskräfte	
	Beta	p	Beta	p
Systemverständnis	0.14	< 0.050		
Systempraktikabilität	0.08	< 0.050		
Fairness	0.48	< 0.001	0.47	< 0.001
Kompetenz des Vorgesetzten	0.11	< 0.050		
Weiterentwicklung	0.13	< 0.050		
Varianzaufklärung (%)	52		63	

5. Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse berechtigen die Schlussfolgerung, dass Veränderungen des Leistungsbeurteilungssystems primär eine Verbesserung der Fairness zielen sollten. Darüber hinaus erscheint es sinnvoll, durch eine gezielte Aufklärung und Informationen das Systemverständnis zu verbessern. Die Leistung der Mitarbeiter sollte genau beobachtet und kontinuierlich dokumentiert werden, um eine transparente und objektive Beurteilung zu gewährleisten. Gezielte Beurteilertrainings werden daher ebenfalls empfohlen. Weiterhin sollten die einzelnen Stufen der Beurteilung standardisiert und deutlicher gemacht sowie eine klare Anleitung zur Durchführung von Beurteilungen und Feedbackgesprächen gegeben werden. Tägliches, informelles Feedback würde einer falschen Erwartungshaltung auf Seiten der Mitarbeiter entgegen wirken. Fairness und Genauigkeit werden durch Anpassung der Evaluationskriterien an die unterschiedlichen, beurteilten Tätigkeiten erhöht. Die Automatisierung der Beurteilungsprozesse wird befürwortet, um einheitliche Standards und eine höhere Anwenderfreundlichkeit zu erreichen.

6. Literatur

1. Bungard, W., Holling, H. & Schultz-Gambard, J. 1996, Methoden der Arbeits- und Organisationspsychologie. Weinheim: PVU.
2. Dickinson, T.L. 1993, Attitudes about performance appraisal. In: H. Schuler, J.L. Farr & M. Smith (Eds.), Personnel selection and assessment. Individual and organizational perspectives. Hillsdale: Erlbaum, 141-161.
3. Folger, R., Konovsky, M.A. & Cropanzano, R. 1992, A due process metaphor for performance appraisal. In: B.M. Staw & L.L. Cummings (Eds.), Research in Organizational Behavior, Volume 14. Greenwich: JAI Press, 129-177.
4. Giles, W. & Mossholder, K. 1990, Employee reactions to contextual and session components of performance appraisal, Journal of Applied Psychology, 75, 371-377.
5. Gilliland, S.W. & Langdon, J.C. 1998, Creating performance management systems that promote perceptions of fairness. In: J.W. Smither (Edt.), Performance appraisal. State of the art in practice. San Francisco: Jossey-Bass Publishers, 209-243.

6. Greenberg, J. 1986, Determinants of perceived fairness of performance evaluations, *Journal of Applied Psychology*, 71, 340-342.
7. Landy, F.J., Barnes, J.L. & Murphy, K.R. 1978, Correlates of perceived fairness and accuracy of performance evaluation, *Journal of Applied Psychology*, 63, 751-754.
8. Lawler, E.E. 1967, The multitrait-multirater approach to measuring managerial job performance, *Journal of Applied Psychology*, 51, 369-381.
9. Leventhal, G.S. 1980, What should be done with equity theory? New approaches to the study of fairness in social relationships. In: K.J. Gergen, M.S. Greenberg & R.H. Willis (Eds.), *Social exchange: Advances in theory and research*. New York: Plenum Press, 27-55.
10. Schuler, H. 2004, Leistungsbeurteilung. Gegenstand, Funktionen und Formen. In: H. Schuler (Hrsg.), *Beurteilung und Förderung beruflicher Leistung*. Göttingen: Hogrefe, 1-23.
11. Schuler, H. & Marcus, B. 2004, Leistungsbeurteilung. In: H. Schuler (Hrsg.), *Organisationspsychologie. Grundlagen und Personalpsychologie*. Göttingen: Hogrefe, 947-1006.

Analyse der Belastungssituation von Wartenmitarbeitern in Kraftwerksleitzentralen zur grundlegenden Gestaltung komplexer Arbeitsplätze

Annette HOPPE und Sven BINKOWSKI

*Lehrgebiet Arbeitswissenschaft/ Arbeitspsychologie,
Brandenburgische Technische Universität Cottbus,
Siemens-Halske-Ring 14, D-03046 Cottbus*

Kurzfassung: In mehreren Studien an drei Kraftwerksstandorten, die in den letzten zweieinhalb Jahren durchgeführt wurden, konnten Leitzentralen von Kraftwerken auf ihre ergonomischen Bedingungen hin untersucht werden. Die DIN EN ISO 11064 sowie weitere Normen und Richtlinien bildeten die Orientierung für die Betrachtungen. Die Gegenüberstellung der Soll-Vorgaben und des Ist-Zustandes sowie die individuelle Bewertung der Belastung des arbeitenden Menschen und damit der Beanspruchung durch die Technik gewährt Einblick in die Schwierigkeiten der Gestaltung moderner Arbeitsplätze. Im Ergebnis dieser wissenschaftlichen Betrachtungen soll ein Leitfaden zur optimalen Gestaltung von Leitzentralen erstellt werden.

Schlüsselwörter: Leitzentralen, Arbeitszufriedenheit, Stress, Arbeitsumgebung.

1. Einleitung

In Kooperation mit der Vattenfall Europe Generation AG & Co. KG wurden seit Anfang 2005 zehn Leitzentralen von Kraftwerken untersucht. Ziel war es hierbei, die vorhandenen Wartenräume zu analysieren, zu vergleichen und Gestaltungsempfehlungen für künftige Umrüstungen bzw. Neubauten abzuleiten. Die wissenschaftliche Untersuchung beinhaltete sowohl arbeitswissenschaftliche als auch arbeitspsychologische Themen und erfasste neben ergonomischen Aspekten insbesondere die Arbeitszufriedenheit der Mitarbeiter/-innen.

In diesem Beitrag werden die geprüften Umgebungsfaktoren vorgestellt und hinsichtlich des Zusammenhanges mit physischen und psychischen Beanspruchungen diskutiert. Der Schwerpunkt liegt insbesondere bei der Anwendung der DIN EN ISO 11064, die ein aktueller und umfangreicher Ansatz zur Gestaltung und Analyse von Leitzentralen ist.

2. Methode

Nach der DIN EN ISO 11064-1, 3.1 ist eine Leitzentrale die „Zusammenfassung aus Wartenräumen, Nebenräumen und örtlichen Leitständen, die funktionell in Wechselwirkung stehen und sich am selben Einsatzort befinden“. Die vorliegende Studie befasst sich speziell mit dem Wartenraum, seinen Überwachungs- und Steuerungsaufgaben und den Umgebungsfaktoren.

Die Faktoren Beleuchtung, Klima und Lärm sowie die ergonomischen Maße der Arbeitsplätze bzw. die dadurch gegebenen Blickbereiche und Greifräume wurden als

die entscheidenden Kriterien für die Evaluation festgelegt. Eine Bewertung erfolgte anhand von Messungen, Befragungen und Beobachtungen. Unterschiede in der Bewertung lassen somit Schlüsse auf reale Diskrepanzen zu (Hoppe & Binkowski 2006). Die Abfrage der Arbeitszufriedenheit wurde im Rahmen dieser Untersuchung direkt an den zu untersuchenden Sachverhalt angepasst. Grundlagen für diese Erarbeitung waren u.a. die Ausführungen von Neuberger (1974) und v. Rosenstiel (2000) zur Definition und Messung der Arbeitszufriedenheit.

Im Rahmen der durchgeführten Befragungen von Operatoren wurden 323 Personen in die Befragung einbezogen. Insgesamt konnte eine Rücklaufquote von 60 Prozent erreicht werden.

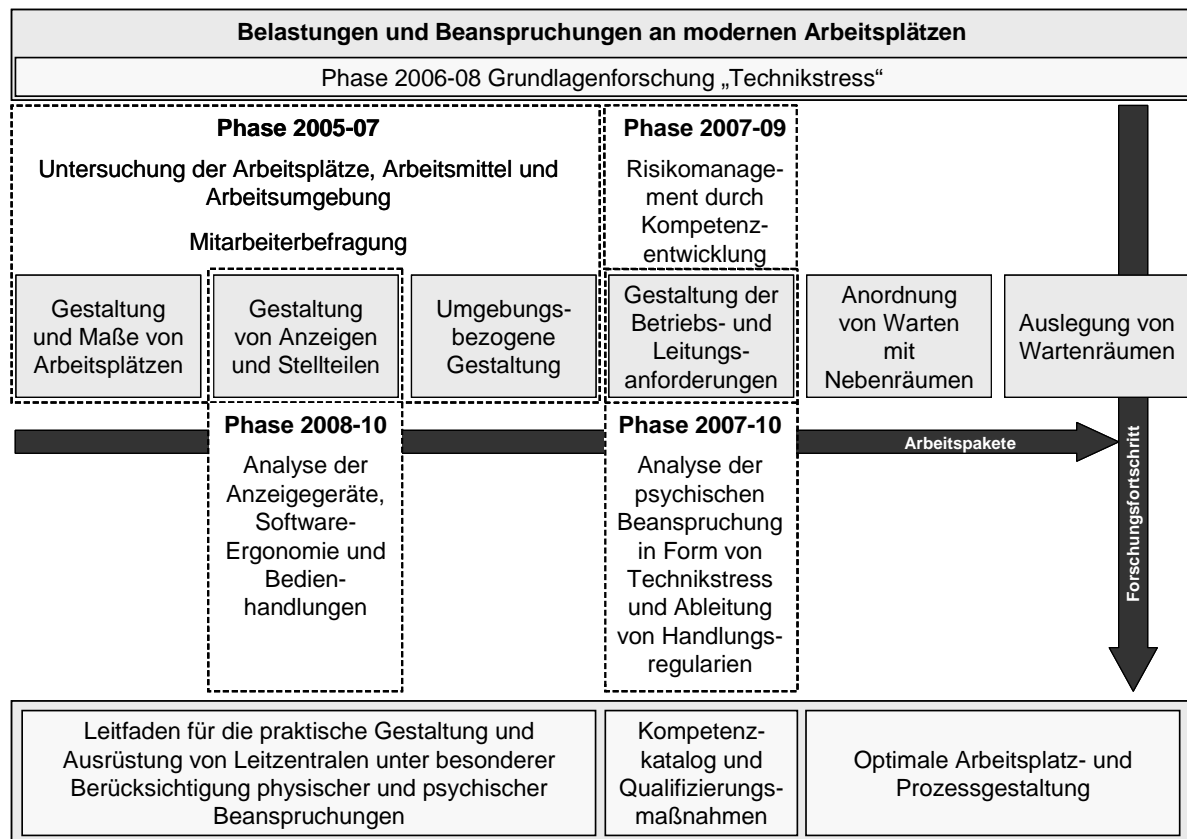


Abbildung 1: Darstellung des zeitlichen und inhaltlichen Vorgehens (Anlehnung an DIN EN ISO 11064-1, 5)

In den kommenden Jahren wird, nach der Umgestaltung anhand der aus diesem Projekt abgeleiteten Empfehlungen, eine erneute Überprüfung der Leitzentralen erfolgen. Diese Verifizierung erlaubt den iterativen Prozess zur optimalen Gestaltung des Arbeitssystems für den Menschen. Nach Abschluss aller Teilprojekte wird ein praxisnaher Leitfaden zur Gestaltung von Leitzentralen vorgelegt, der sowohl die physischen als auch die psychischen Beanspruchungen berücksichtigt.

Im Folgenden werden die Umgebungsfaktoren nach DIN EN ISO 11064-6 (siehe Abbildung 1, Phase 2005-07) exemplarisch ausgewertet.

3. Ergebnisse

Die Tätigkeit in Leitzentralen ist gekennzeichnet durch Überwachungs- und Steue-

rungsarbeiten. Relevante Prozesse werden als Informationen auf Visualisierungsmitteln abgebildet, die durch den Operator ständig beobachtet werden müssen. Diese Tätigkeit wird häufig auch als eine Art Bereitschaftszeit angesehen; die Durchführung weiterer Aufgaben ist jedoch nur sehr begrenzt möglich. Der Operator darf während dieser Zeit den Arbeitsplatz nicht verlassen, denn er hat permanent die Statusanzeigen zu beobachten und kleinere Kontrollhandlungen mit Hilfe der Technik vorzunehmen. Damit ist der Mitarbeiter ganztägig den Umgebungsfaktoren ausgesetzt, deren Beurteilung einen Schwerpunkt im Projekt bildete.

3.1 Analyse der Umgebungsfaktoren

Die Grenzwerte für Hintergrundgeräusche (Soll: 30-35dB(A)) wurden in allen zehn Warten überschritten. Hinsichtlich des maximalen Schalldruckpegels gab es während der Langzeitmessungen keine kritischen Spitzenpegel. Bei Betrachtung des energieäquivalenten Dauerschallpegels (Soll: <45dB(A)) – d.h. bei der allgemeinen Geräuschkulisse während der Arbeit in den Warten – zeigte sich ebenfalls in allen Warten eine normale Lärmbelastung oberhalb von 45dB(A). Bei hochkonzentrierten Tätigkeiten könnte diese bereits störend wirken. Die Befragung ergab, dass die Lautstärke in den Warten als hoch empfunden wurde. Im statistischen Mittel waren die Befragten jedoch mit diesem Geräuschpegel zufrieden.

Im Rahmen der Klimamessung wurden insbesondere die Lufttemperatur, die Luftfeuchte und die Luftgeschwindigkeit ausgewertet. Die größten objektiven Probleme bestanden aufgrund extremer (<20%) oder stark schwankender Luftfeuchte (zwischen 30% und 70%). Gründe waren häufig defekte Befeuchter und Regler, ungünstig positionierte Messwertgeber der raumluftechnischen Anlage oder nicht-abgeschlossene klimatisierte Bereiche. Bautechnische Probleme bestanden neben der unzureichend ausgelegten Leistung durch nachträgliche Veränderungen der Raumaufteilung oder geometrie. In der Befragung zeigten sich die größten Defizite bei der Luftgeschwindigkeit. Neben einigen Messreihen, bei denen kurzzeitig an einzelnen Messpunkten Luftgeschwindigkeiten oberhalb von 0,15m/s auftraten, gab es nur einen Fall, an dem messtechnisch eine permanent zu hohe Luftbewegung festgestellt werden konnte. Die individuelle Sensibilität liegt scheinbar deutlich unterhalb von 0,15m/s.

Zur objektiven Bewertung des Lichtklimas nach DIN EN 12464 wurde die Beleuchtungsstärke in jeder Warte zu unterschiedlichen Tages- und Nachtzeiten gemessen. Dabei zeigte sich, dass bis auf wenige Ausnahmen, die Beleuchtungsstärke gering eingestellt war, in neun von zehn Warten zu allen Messterminen unter 500lx. Weiterhin wurden in drei Warten weniger als 200lx gemessen. In einem Fall konnte die Beleuchtungsstärke einen Wert von über 500lx aufgrund der technischen Voraussetzungen nicht erreichen. Anhand der Befragungsergebnisse wird deutlich, dass die Operatoren zufrieden mit der Beleuchtung an ihrem Arbeitsplatz sind. Sehr zufrieden waren die Befragten speziell mit der Allgemeinbeleuchtung. Als weniger angenehm wurde die Einzelplatzbeleuchtung bewertet. Zwischen den Angaben zur Zufriedenheit mit der Raumbeleuchtung und dem Item „Häufigkeit des Auftretens von Symptomen des Unwohlseins“ konnte eine auf dem 0,01-Niveau signifikante Korrelation festgestellt werden. Die Regression erreichte ein Bestimmtheitsmaß $R^2=0,058$.

3.2 Ergonomische Gestaltung

Die in den Leitzentralen verwendeten Arbeitsmittel (Tastaturen/ Maus) wurden als

ergonomisch gut bewertet. Es ergeben sich gute Greif- und Bewegungsbereiche aufgrund der geringen Anzahl der Eingabegeräte. Die Einrichtung mit Arbeitstischen und -stühlen entsprach den Vorgaben. Die ergonomische Analyse ließ aber Defizite bei der Anzahl und Ausrichtung der Visualisierungsmittel erkennen. Neben mehreren Monitoren (4-7) befanden sich in den Leitzentralen Blockschaltbilder (Mosaikwand) oder Bildwände (4-8). Aus der Menge der zu überschauenden Informationen ergeben sich psychische Beanspruchungen (DIN EN ISO 10075-1) und durch die Größe des Blickfeldes bzw. durch Zwangshaltung aufgrund überdeckender Anzeigen physische Beanspruchungen. Zwischen der Bewertung der ergonomischen Gestaltung und der bewerteten Häufigkeit des Auftretens von Symptomen des Unwohlseins konnte eine signifikante Korrelation auf dem 0,01-Niveau festgestellt werden. Die lineare Regression wurde mit $R^2=0,103$ bestimmt.

4. Fazit

Auf die Frage nach auftretenden Arten von Symptomen des Unwohlseins nach der Arbeitszeit können insbesondere Augenbeschwerden (45,5%), Kopfschmerzen (30,1%), Muskelverspannungen (44,7%) und Rückenschmerzen (35,8%) den oben genannten Teilbereichen zugeordnet werden. Letztgenannte sind vermutlich auf die überwiegend sitzende Arbeitshaltung zurückzuführen. Die Augenbeschwerden können sowohl durch die Beleuchtung als auch durch zu geringe Luftfeuchte hervorgerufen werden. Die Angabe zur Häufigkeit von Kopfschmerzen in Kombination mit der Angabe besonders starker Ermüdungserscheinungen (49,6%) ergibt sich wahrscheinlich durch die permanente aufmerksame Beobachtung der Monitore. Zunehmend relevant für die Erreichung von Arbeitszufriedenheit ist die Partizipation der Operatoren bei der Gestaltung des Arbeitssystems. Erfahrungen aus dem vorgestellten Projekt zeigen, dass die Mitarbeiter aufgrund ihrer langjährigen Arbeit im Unternehmen die Probleme kennen und häufig gute Lösungsmöglichkeiten aufzeigen können. Das Registrieren von Problemen und Aufgreifen von Vorschlägen der Mitarbeiter in einer Projektgruppe hat sich positiv auf die Arbeitszufriedenheit ausgewirkt. Dieses Potenzial gilt es in der Praxis zu nutzen und die Forschung zu intensivieren.

5. Literatur

1. DIN EN 12464-1: 2003, Licht und Beleuchtung - Beleuchtung von Arbeitsstätten - Teil 1: Arbeitsstätten in Innenräumen. Berlin: Beuth.
2. DIN EN ISO 11064-1: 2000, Ergonomische Gestaltung von Leitzentralen - Teil 1: Grundsätze für die Gestaltung von Leitzentralen. Berlin: Beuth.
3. DIN EN ISO 11064-6: 2006, Ergonomische Gestaltung von Leitzentralen - Teil 6: Umgebungsbezogene Anforderungen an Leitzentralen. Berlin: Beuth.
4. 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.
5. Neuberger, O. 1974, Messung der Arbeitszufriedenheit. Stuttgart: Kohlhammer.
6. v. Rosenstiel, L. 2000, Grundlagen der Organisationspsychologie, 4. überarbeitete und erweiterte Auflage. Stuttgart: Schäffer-Poeschel.

Veränderungen an Bildschirmarbeitsplätzen von 1995 bis heute: Eine Auswertung von Erhebungen mit dem Bildschirmarbeitsplatz-Fragebogen „BiFra“

Andreas SCHÄFER, André KLUSSMANN, Karl Heinz LANG und
Hansjürgen GEBHARDT

*Institut für Arbeitsmedizin, Sicherheitstechnik und Ergonomie (ASER) e.V.,
Corneliusstr. 31, D-42329 Wuppertal*

Kurzfassung: Vom Jahr 1995 bis heute, nach über 12 Jahren des Einsatzes des standardisierten BiFra-Verfahrens bei der Bildschirmarbeitsanalyse in Unternehmen oder Verwaltungen sowie bei der Telearbeit oder von privaten Anwendern, liegen die Ergebnisse von über 18.000 verwendbaren Bildschirmarbeitsanalysen vor. Dies lässt einen aussagekräftigen Vergleich der Bildschirmarbeit von „damals“ und „heute“ zu. Die Dauer der täglichen Bildschirmarbeit hat deutlich zugenommen. Seltener wird heute über Reflektionen auf dem Bildschirm, eine unzureichend große Fläche vor der Tastatur und eine ungünstige Anordnung des Bildschirms berichtet. Besser bewertet werden heute u.a. die Bedienbarkeit der Software und die Bewegungsfläche für die Maus. Zugenommen haben ununterbrochene Bildschirmtätigkeit und Augenbeschwerden. In der ergonomischen Gestaltung der Bildschirmarbeitsplätze gibt es nach wie vor Defizite, so dass weitere Gestaltungsmaßnahmen angezeigt sind.

Schlüsselwörter: Ergonomie, Bildschirmarbeitsplatz-Fragebogen, Arbeitsplatzgestaltung, Bildschirmtätigkeit.

1. Einleitung

Im Zusammenhang mit der Veröffentlichung der EU-Bildschirmrichtlinie 90/270/EWG wurde zu Beginn der 1990-Jahre in einer Pilotstudie ein mitarbeiterorientiertes Verfahren zur Bildschirmarbeitsanalyse entwickelt und erprobt (Müller & Rüddel 1995). Auf der Basis der im Dezember 1996 in Kraft getretenen nationalen Bildschirmarbeitsverordnung wurde das rechnergestützte Verfahren, der Bildschirm-Fragebogen (BiFra), überarbeitet. In den Folgejahren wurden u.a. spezifische Versionen für Telearbeiter und Privatpersonen entwickelt, englisch- und französischsprachige BiFra-Versionen erstellt (Müller et al. 1998, 2003) und erweiterte Auswertungsmöglichkeiten realisiert (Schäfer 2007). Inzwischen liegen für Deutschland über 18.000 Datensätze vor, die jeweils als Vergleichsprofil veröffentlicht werden (<http://www.institut-aser.de/263.htm>).

2. Methode

Das Basismodul des BiFra (vgl. Abbildung 1) besteht aus insgesamt 48 Fragen zu den Gestaltungsbereichen Bildschirm, Tastatur/Maus, Arbeitstisch und Arbeitsmittel, Arbeitsstuhl, Umgebung/Umgebungseinflüsse, Software und enthält eine summarische Schlussbetrachtung sowie Klassifikationen des Arbeitsplatzes und ist erweiter-

bar um spezifische Fragenblöcke z.B. zur Gestaltung der Arbeitsaufgaben. Es wurde ein Vergleich der Datensätze von Bildschirmarbeitsplätzen von „früher“ (1995/1996, n=1.886) und von „heute“ (2006/2007, n=661) vorgenommen.

Bildschirm	
<u>Lesbarkeit</u> Sind die Zeichen auf dem Bildschirm in aller Regel gut lesbar? Sie sollten "Nein" angeben, wenn die angezeigten Zeichen häufig unscharf, undeutlich oder zu klein sind, oder wenn die Zeichen- oder Zeilenabstände zu klein sind.	<input type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein
<u>Flimmerfreiheit</u> Ist das Bild in aller Regel stabil und frei von Flimmern? Sie sollten "Nein" angeben, wenn Sie sich häufig durch ein Flimmern oder durch Instabilitäten anderer Art beeinträchtigt fühlen. Ein Flimmern läßt sich erkennen, wenn Sie seitlich am Bildschirm vorbeisehen und Sie das Gefühl haben, daß das Bild im seitlichen Gesichtsfeld zu "schwimmen" beginnt.	<input type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein
<u>Positionierung des Bildschirms</u> Kann der Bildschirm für Ihre Bedürfnisse leicht positioniert werden? Sie sollten "Nein" angeben, wenn der Bildschirm nicht oder nur schwer gedreht und geneigt werden kann oder wenn der Sehabstand nicht variiert werden kann.	<input type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein
<u>Oberste Zeile</u> Liegt die oberste Zeile Ihres Bildschirms etwas unterhalb der Höhe Ihrer Augen?	<input type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein
<u>Reflexionen</u> Ist die Bildschirmoberfläche frei von Reflexionen und Spiegelungen, beispielsweise durch Leuchten, Fenster oder helle Wände?	<input type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein
<u>Positivdarstellung</u> Ermöglichen alle von Ihnen genutzten Programmen eine sogenannte "Positiv-Darstellung", d.h. dunkle Zeichen vor hellem Hintergrund?	<input type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein

Abbildung 1: Ausschnitt Fragenblock „Bildschirm“ des Bildschirm-Fragebogens BiFra. Die Fragen sind leicht verständlich formuliert, zu den unterstrichenen (verlinkten) Fragestellungen kann der Anwender Hintergrundinformationen wie z. B. Abmessungen, Richtlinien und Gestaltungsvorschläge abrufen. Im Fall einer negativen Beurteilung werden die entsprechenden Angaben im Protokollblatt ausgewiesen

3. Ergebnisse

Die Ergebnisse des Vergleichs der „heutigen“ BiFra-Datensätze (2006/2007; n=661) mit den „früher“ erhobenen Datensätzen (1995/1996; n=1.886) sind in Abbildung 2 dargestellt. Die erste Spalte zeigt eine Auswahl der im BiFra abgefragten Merkmale. In der zweiten Spalte ist der prozentuale Anteil der positiven Antworten der aktuellen Bildschirmarbeitsanalysen angegeben. Die beiden folgenden Balkengrafiken zeigen je Item den prozentualen Anteil der Antworten mit schlechter Gestaltungsbewertung in gerundeten 10%-Schritten. Die Unterschiede der Gestaltungsbewertungen je Item zwischen „heutigen“ und „damaligen“ Bildschirmarbeitsanalysen werden in der letzten Spalte durch positive Symbole (☺) (Gestaltungszustand hat sich verbessert) oder negative Symbole (☹) (Gestaltungszustand hat sich verschlechtert) dargestellt. Die Anzahl der Symbole gibt jeweils das Signifikanzniveau wieder (1 = $p < 0,05$, 2 = $p < 0,01$, 3 = $p < 0,001$).

Frage	Merkmal positiv ausgeprägt (2006/2007) N=661	Schwachstellen (2006/2007)	Schwachstellen Referenz (1995/1996) N=1866	Abweichung zur Refrenz
Bildschirm - Lesbarkeit der Zeichen	91%	■	■	☺
Bildschirm - Flimmerfreiheit	91%	■	■	
Bildschirm - Positionierbarkeit des Bildschirms	80%	■■	■	☺☺
Bildschirm - Höhe der obersten Zeile	70%	■■■	■■■	
Bildschirm - Reflexionen	71%	■■■	■■■■■■	☺☺☺
Bildschirm - Positivdarstellung	86%	■	■■	☺☺
Tastatur - Fläche vor der Tastatur	85%	■	■■■	☺☺☺
Tastatur - Anschläge der Tastatur	92%	■	■	☺
Tastatur - Rutschfest	78%	■■	■■	☺☺
Maus - Bewegungsfläche für die Maus	90%	■	■■	☺☺☺
Maus - Mausunterlage	69%	■■■	■	☺☺☺
Arbeitsfläche /-mittel - Arbeitsflächengröße	84%	■	■■	
Arbeitsfläche /-mittel - Anordnung von Arbeitsmitteln	77%	■■	■■	
Arbeitsfläche /-mittel - überstehender Bildschirm	87%	■	■■	☺☺
Arbeitsfläche /-mittel - elektrische Leitungen	50%	■■■■■	■■■■■	
Arbeitsfläche /-mittel - Arbeitsunterlagen	80%	■■	■■	
Arbeitsfläche /-mittel - Beinraum	87%	■		☺☺☺
Arbeitsfläche /-mittel - Tischhöhe	84%	■■	■	☺☺☺
Arbeitsfläche /-mittel - Kopfdrehungen	85%	■	■■■	☺☺☺
Arbeitsstuhl - bequeme Arbeitshaltung	87%	■		☺☺☺
Arbeitsstuhl - wechselnde Arbeitshaltungen	83%	■■		☺☺☺
Arbeitsstuhl - Rückenlehne	76%	■■	■	☺☺☺
Umgebung - ausreichender Arbeitsbereich	87%	■	■	
Umgebung - Anordnung der Deckenleuchten	59%	■■■■	■■	☺☺☺
Umgebung - Anordnung des Bildschirms	56%	■■■■	■■■■■	☺☺
Umgebung - Blendquellen	79%	■■	■■	
Umgebung - regulierbarer Lichteinfall	85%	■	■	☺☺☺
Umgebung - Lichtverhältnisse allgemein	77%	■■	■	☺☺☺
Umgebung - Lärm	77%	■■	■	☺☺☺
Umgebung - Klima	67%	■■■	■■	☺☺☺
Umgebung - Luftfeuchte	77%	■■	■■	
Umgebung - Lüftungsverhältnisse	76%	■■	■■	
Software - an die Aufgabe angepasste Software	91%	■	■■	☺☺☺
Software - benutzerfreundliche Software	90%	■	■	
Software - Ausbildung an der Software	76%	■■	■■■	☺
Software - selbsterklärende Software	83%	■■	■■	
Software - Hilfefunktionen	85%	■■	■■	
Software - Rechengeschwindigkeit	79%	■■	■■	☺
Software - Erwartungskonformität	94%	■	■	
Software - Rückgängig-Funktion	88%	■	■■	☺☺
Software - Fehlermeldungen	76%	■■	■■■	☺☺
Gesundheitsschutz - Informationen	53%	■■■■	■■■■	
Gesundheitsschutz - mögliche Arbeitsunterbrechungen	89%	■	■	☺☺☺
Gesundheitsschutz - Augenuntersuchungen	58%	■■■■	■■■■	
Gesundheitsschutz - Augenbeschwerden	66%	■■■	■■■	☺☺
Gesundheitsschutz - Gesundheitsbeeinträchtigung	67%	■■■	■■■■	☺☺
Schlußbetrachtung	81%	■■	■■	

Abbildung 2: Ergebnisvergleich der „heutigen“ BiFra-Datensätze (2006/2007; n=661) mit dem „damaligen“ Referenzdatensatz (1995/1996; n=1.866)

Die Dauer der täglichen Bildschirmarbeit hat heute im Vergleich zu damals deutlich zugenommen. Früher verbrachten 50%, heute 72% der Anwender mehr als 4 Stunden pro Tag mit Bildschirmarbeit. Bei der Gestaltung von Bildschirmarbeitsplätzen haben sich dabei in der Zwischenzeit mehr Verbesserungen als Verschlechterungen entwickelt. Signifikant seltener wird heute u.a. über Reflektionen auf dem Bildschirm, eine unzureichend große Fläche vor der Tastatur und eine unzureichende Bewegungsfläche für die Maus berichtet ($p < .001$, Chi-Quadrat). Signifikant besser bewertet werden heute u.a. die Anpassung und die Bedienbarkeit der Software ($p < .001$ bzw. $p < .01$ Chi-Quadrat). Zugenommen haben u.a. ununterbrochene Bildschirmtätigkeit und Augenbeschwerden ($p < .001$, $p < .01$, Chi-Quadrat). Beinraum und Tischhöhe (vgl. Abbildung 2) sind heute weniger gut angepasst als früher und auch die Umgebungsbedingungen (Klima, Beleuchtung, Lärm) werden weniger häufig positiv bewertet ($p < .001$, Chi-Quadrat).

4. Diskussion

Die frühe Entwicklung des mitarbeiterorientierten und interaktiven BiFra-Verfahrens und dessen nachhaltige Akzeptanz und Nutzung bedeutet auch einen präventiven Beitrag zur Verbesserung der Bildschirmarbeit am deutschen Standort. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass sich bei der Gestaltung von Bildschirmarbeitsplätzen mehr Verbesserungen als Verschlechterungen entwickelt haben. Die meisten positiven Abweichungen bzw. heutigen Verbesserungen lassen sich nicht zuletzt auf die vermehrte Verwendung von Flachbildschirmen mit ihren gegenüber Röhrenmonitoren geringerem Platzbedarf, flimmerfreien Bild und entspiegelten Oberflächen zurückführen. Zudem können sie leicht am hinteren Rand der Arbeitsfläche angeordnet werden, das bringt Platz für Tastatur, Maus und sonstige Arbeitsmittel und ermöglicht auch ein Auflegen der Hände bzw. der Unterarme auf der Arbeitsfläche. Augenbeschwerden treten gehäuft bei langandauernder Bildschirmtätigkeit auf. Regelmäßige Unterbrechungen der Bildschirmtätigkeit könnten Augenbeschwerden reduzieren. In der ergonomischen Gestaltung der Bildschirmarbeitsplätze gibt es nach wie vor Defizite (z.B. Beinraum, Tischhöhe). Weitere Gestaltungsmaßnahmen v.a. zur Reduzierung von Beschwerden im Schulter-Nackengebiet sind hier angezeigt (s.a. Gebhardt et al. 2006, Klußmann et al. 2007).

Das BiFra-Instrument wird als Teil einer regelmäßig aktualisierten CD mit rechnergestützten Werkzeugen (Schäfer et al. 2006, 2007) und im Internet unter der Adresse www.institut-aser.de und dort weiter unter der Rubrik PRAXIS-INSTRUMENTE und BILDSCHIRMARBEIT zur freien Anwendung in deutscher, englischer und französischer Sprachversion angeboten.

5. Literatur

1. Müller, B.H. & Rüddel, M. 1995, Computergestützte Analyse von Bildschirmarbeitsplätzen, sicher ist sicher, 46, Heft Februar, 62-64.
2. Müller, B.H. & Schäfer, A. 1998, Computergestützte Analyse von Bildschirmarbeitsplätzen, sicher ist sicher, 49, Heft Oktober, 494-498.
3. Müller, B.H., Schäfer, A., Lang, K.-H. & Gebhardt, H. 2003, Bildschirmarbeitsanalyse mit dem mitarbeiterorientierten BiFra-Verfahren, sicher ist sicher, 54, Heft Oktober, 460-463.
4. Schäfer, A. 2007, Wuppertaler ASER-Institut: Fragebogen zur Bildschirmarbeitsanalyse – Alles im grünen Bereich?, Mensch & Büro, Ausgabe 7/2007, 22-23.
5. Gebhardt, H., Klußmann, A., Dolfen, P., Rieger, M.A., Liebers, F. & Müller, B.H. 2006, Beschwerden und Erkrankungen der oberen Extremitäten an Bildschirmarbeitsplätzen, Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Forschungsbericht Fb 1082. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW.
6. Klußmann, A., Gebhardt, H., Liebers, F. & Rieger, M.A. 2007, Beschwerden der oberen Extremitäten und des Nackengebietes bei Beschäftigten an Bildschirmarbeitsplätzen, ErgoMed, 5, 150-155.
7. Schäfer, A., Lang, K.-H., Gebhardt, H., Deilmann, M. & Müller, B.H. 2006, 30 g Gesünder Arbeiten – die CD für den Arbeits- und Gesundheitsschutz, Leistung und Lohn – Zeitschrift für Arbeitswirtschaft, 428-432.
8. Schäfer, A., Lang, K.-H., Gebhardt, H. & Deilmann, M. 2007, 30 g Gesünder Arbeiten – alles drin und alles drauf!, 3. vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage. Wuppertal: Institut ASER e.V. an der Bergischen Universität Wuppertal.

Modellvorhaben zur Optimierung der Produktionsabläufe und des Warentransports in KMU

Sascha RÜLICHE und Lars GERARDS

*Institut für Arbeitssicherheit, Umweltschutz,
Gesundheitsförderung & Effizienz der Hochschule Niederrhein,
Reinarzstraße 49, D-47805 Krefeld*

Kurzfassung: Beschäftigte von Unternehmen, deren Hauptaufgabe nicht der Transport von Waren und Gütern ist, sondern solchen, die den Transport nur notwendigerweise als Nebenaufgabe verfolgen, haben spezielle Probleme, denen mit Untersuchungen zu Spedition oder Logistik nicht entsprochen wird. Beispiele für diese Unternehmen sind Großhändler oder Wäschereien, gerade von kleinen und mittleren Unternehmen, die spezifische Formen der Beratung benötigen. Die Berücksichtigung des Arbeits- und Gesundheitsschutzes bei der Prozessgestaltung und -optimierung sowie die modellhafte Entwicklung und Einführung eines arbeitsschutzrelevanten Kennzahlensystems für den Arbeits- und Gesundheitsschutz in und mit den beteiligten Betrieben sind elementare Ziele des Projekts. Das Projekt widmet sich dieser Thematik in einem durch das Ministerium für Arbeit, Gesundheit und Soziales des Landes NRW geförderten Modellvorhabens. Die Maßnahmenkonzepte werden individuell unter Betrachtung der Problemstellung für das Unternehmen erstellt und mit einer hohen Nachhaltigkeit, die durch Partizipation der Betroffenen erreicht wird, aus den Ergebnissen der Analysen entwickelt.

Schlüsselwörter: Transport, Kennzahlensystem, Arbeitsschutz, ausschleichendes Coaching.

1. Einleitung

Exponentiell steigende Unfallzahlen der Kleintransporter und LKW unter 3,5 Tonnen sind der Anlass für dieses Modellvorhaben. Branchenunabhängige kleine und mittlere Unternehmen (KMU), die den Warentransport als Nebentätigkeit erfüllen, sind die Teilnehmer und Kooperationspartner dieses Projekts. Beispiele für diese Unternehmen sind Großhändler oder Wäschereien, die spezifische Formen der Beratung benötigen. Zahlreiche Untersuchungen im Logistik- und Transportwesen brachten umfangreiche Erkenntnisse, u.a. wurde die Situation von LKW-Fahrern und Fahrerinnen hinsichtlich arbeitsbedingter Belastungen und Gefährdungen bereits mehrfach untersucht (Roth et al. 2004; Lange & Groth 2005). Diese Untersuchungen lassen sich aber nicht auf die oben genannten Betriebe übertragen.

Kleintransporter stehen seit Jahren in der Diskussion, da sie ein erhöhtes Unfallaufkommen zeigen. So hat sich im Jahr 2004 „die Anzahl der an Unfällen mit Personenschaden beteiligten Kleintransporter über 2,8 t bis 3,5 t gegenüber 1996 mehr als verdreifacht“ (Bundesamt für Straßenwesen 2004, S. 2). Hinzu kommt, dass im ersten Halbjahr des Jahres 2007 die Zahl der Unfälle im Bundesgebiet und in NRW um 4,1 % gestiegen ist und damit den höchsten Stand seit 2001 erreichte (Netzwerk Verkehrssicheres NRW 2007).

Die Einführung eines arbeitsschutzrelevanten Kennzahlensystems für den Arbeits- und Gesundheitsschutz in und mit den beteiligten Betrieben ist ein elementares Ziel des Projekts. Dazu gilt es Schnittstellen der Prozesskette zu optimieren und den Prozess Warentransport im Unternehmen anders wahrzunehmen und nicht mehr als notwendiges Übel zu betrachten.

2. Methode

Die Problemvielfalt in den Unternehmen unterschiedlicher Branchen ist thematisch breit gefächert. Geschäftsführer und Inhaber in den Unternehmen sind sich vieler Probleme in den Bereichen Warentransport und Produktion bewusst.

Das Vorgehen in den Betrieben teilt sich in mehrere Schritte auf. Beginnend mit einem Gespräch mit den Inhabern oder Führungskräften aus den Unternehmen findet die Problemdefinition und eine Zielfestlegung für das Projekt statt. Ausgerichtet auf die Problembeschreibung wird die Analyse durchgeführt, diese bedient sich verschiedener Verfahren. Es kommen teil- und standardisierte Befragungen oder strukturierte Interviews zum Einsatz, wobei die Tätigkeitsanalysen in den jeweiligen Abteilungen oder einem Auftragsdurchlauf mit dem Shadowing Verfahren (Bungert et al. 1996) unterfüttert wird. Die Mitarbeiter kreuzen ebenfalls auf einem Bild eines Menschen an, wo sie Beschwerden oder regelmäßige und starke Schmerzen wahrnehmen. So wird ein Eindruck von den Belastungen und Beanspruchungen sowie Anforderungen gewonnen, welche durch die ausgeführte Tätigkeit auf die Person einwirken.

In dem darauf stattfindenden Workshop bedient man sich eines Survey-Feedbacks um die Analysedaten zu stützen und diese noch zu präzisieren. Diese Vorgehensweise hat sich in vorhergehenden Projekten als sehr zielführend für die Analyse und die Erarbeitung von Maßnahmen zur Verbesserung der Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit in KMU erwiesen (Weber et al. 2007; Rülcke & Weber 2007).

Im Anschluss an die Umsetzung der Maßnahmen erfolgt ein weiterer Workshop, der die Umsetzung überprüft und bei Bedarf noch nachsteuert. Gleichzeitig leitet dieser Workshop die summative Evaluation bei dem jeweiligen Betrieb ein. Die gesamte Maßnahme wird abschließend ebenfalls evaluiert. Das Vorgehen orientiert sich, wie in früheren Projekten des A.U.G.E. Instituts am ausschleichenden Coaching (Herzog 2005), das Betriebe bei der Umsetzung unterstützt und bei dem sich die Wissenschaftler langsam aus dem Betrieb zurückziehen.

Es nehmen sieben Betriebe aus den verschiedenen Branchen Sanitär-Heizung-Klima, Großhandel, Nahrungsmittel, Sicherheitstechnik und Glasverarbeitung an dem Projekt teil. Die Betriebe haben zwischen sieben und ca. 250 Mitarbeiter, von denen je nach Maßnahme etwa zwischen fünf und 30 unmittelbar beteiligt werden. Das Untersuchungsdesign entspricht somit einer Feldstudie, da Bedingungen nur bedingt randomisiert werden können und die Gruppen durch die jeweiligen Strukturen im Betrieb vorgegeben werden (vgl. Musahl & Schwennen 2002).

3. Ergebnisse

Die Ergebnisse in den ersten Betrieben zeigen wieder einmal die Unterschiede zwischen KMU und Großbetrieben, für die nahezu alle standardisierten Instrumente

validiert werden. Brauchbare multi-dimensionale Instrumente (z.B. Impuls-Test, KFZA) bieten für ein Screening eine ausreichende Breite, um einen Überblick zu erlangen. Vielen Verfahren fehlt es allerdings an Ökonomie, da die Abbruchquoten oder die Anzahl nicht beantworteter Items bei den Mitarbeitern in diesem Bereich bei längeren Fragebögen deutlich in die Höhe gehen.

In diesem Projekt wurde an Stelle des KFZA (Prümper et al. 1995) der Impuls-Test eingesetzt, da der Wunsch der Mitarbeiter, bezogen auf die Dimensionen, in dem Sinne, ob diese sich z.B. überhaupt viel Handlungsspielraum wünschen, erstmals mit erfasst werden sollte. Im Folgenden werden die ersten Ergebnisse der Befragungen dargestellt, die einen Abgleich zwischen der wahrgenommenen Ausprägung und dem Wunsch zeigen. Ergänzt werden die Normierungswerte des KFZA, um die Ergebnisse besser einordnen zu können.

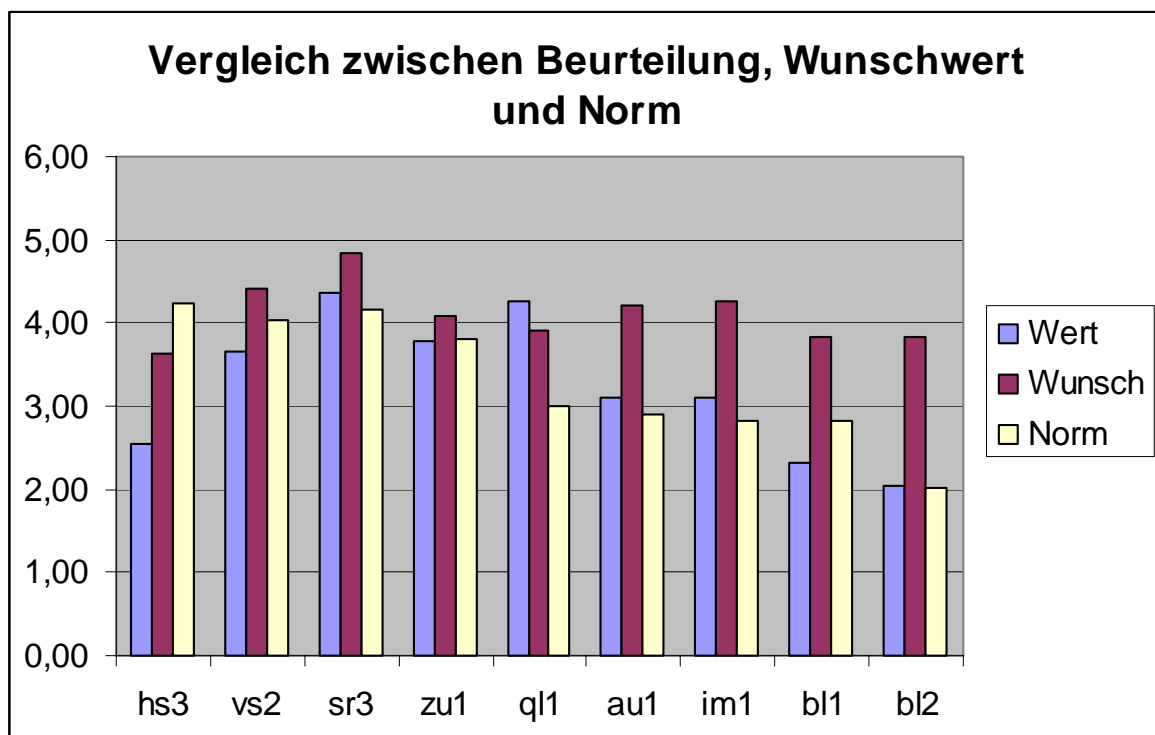


Abbildung 1: Ergebnisse des Impuls-Tests (n=28) – Beurteilung der eigenen Arbeitssituation im Vergleich zu den Wunschwerten und Normwerten des KFZA, die Itemkennung ist dem KFZA (Prümper, Hartmannsgruber & Frese, 1995) entnommen

Die Ergebnisse bestätigen frühere Erfahrungen des A.U.G.E. Instituts im Bereich der KMU. Gerade der Handlungsspielraum wird im Vergleich zur Normstichprobe als sehr gering wahrgenommen. Dahingegen sind die Werte im Bereich der sozialen Unterstützung und Zusammenarbeit in den kleineren Betrieben in der Regel besser oder mindestens gleichwertig. Auch der Bereich der Information und Mitsprache, sowie der betrieblichen Leistungen ist vergleichbar, hier wird deutlich, dass die Mitarbeiter gerne mehr Information und Beteiligung hätten, dies kann durch das partizipative Vorgehen im Projekt erreicht werden.

4. Diskussion

Das Projekt zeigt bereits jetzt, dass die Betriebe sehr heterogen sind und ver-

schiedene Probleme haben. Warentransport wird vornehmlich als Nebenaufgabe oder notwendiges Übel gesehen. Es besteht zumeist keine ausreichende Verknüpfung zwischen Prozessgestaltung und Warentransport. Nachdem mit den ersten Betrieben im Rahmen des Modellvorhabens zusammengearbeitet wurde, zeigen sich erneut die Besonderheiten der KMU und des Handwerks, die eine Betreuung vor Ort benötigen, um erste Ergebnisse zu erzielen. Angelehnt an das ausschleichende Coaching (Herzog 2005) ziehen sich die Berater oder Wissenschaftler dabei im Laufe der Maßnahme zurück und die Betriebe bearbeiten die Probleme eigenständig weiter. Frühere Projekte haben dabei gezeigt, dass auch nach Projektende weiter an Verbesserungen und neuen Lösungen gearbeitet wird, da die Inhaber und Führungskräfte nach den Erfahrungen und ersten Erfolgen eigenständig weitermachen.

Ein kombiniertes Vorgehen bezogen auf physiologische und psychologische Belastungen ist in KMU dringend geboten, da die Mitarbeiter in vielen Gewerken die Altersgrenze zur Rente nicht erreichen. Ergänzend zeigen die Ergebnisse aus Forschungsprojekten, z.B. „Erfolg durch Arbeitsschutz“ (Packebusch et al. 2003), dass es für die Betriebe eine offenbar lohnende Entscheidung ist, in die Sicherheit und Gesundheit ihrer Mitarbeiter Zeit und Geld zu investieren

5. Literatur

1. Roth, J.-J., Schygulla, M., Dürholt, H., Nachreiner, F. & Pankonin, Ch. 2004, Betriebs- und Arbeitszeiten beim Gütertransport und bei der Personenbeförderung, Fb 1033. Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin.
2. Lange, J. & Groth, J. 2005, Sicherheits- und Gesundheitsschutzdefizite im Speditionsgewerbe, Fb 1056. Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin.
3. Bundesanstalt für Straßenwesen 2006, Unfallbeteiligung von Kleintransportern – Aktualisierung auf das Jahr 2004. Bergisch Gladbach: Bundesanstalt für Straßenwesen.
4. Netzwerk Verkehrssicheres NRW 2007, Steigende Unfallzahlen im ersten Halbjahr 2007, [http://www.verkehrssicher.nrw.de/aktuelles/Unfallzahlen_erstes_Halbjahr_2007.php].
5. Bungard, W., Holling, H. & Schultz-Gambard, J. 1996, Methoden der Arbeits- und Organisationspsychologie. Weinheim: Psychologie Verlags Union.
6. Rülcke, S. & Weber, B. 2007, Betriebliche Gesundheitspolitik im Dachdeckerhandwerk. In K. Rausch (Hrsg.), Organisation gestalten - Struktur mit Kultur versöhnen. Lengerich: Pabst Science Publishers, 148-155.
7. Weber, B., Rülcke, S. & Packebusch, L. 2007, Gesunde Menschen - Gesundes Handwerk. Handlungshilfe und Coaching Leitfaden. Krefeld: Hochschule Niederrhein.
8. Herzog, B. 2005, Datenbasiertes Veränderungscoaching in KMU. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg.), Personalmanagement und Arbeitsgestaltung. Dortmund: GfA Press, 85-88.
9. Musahl, H.-P. & Schwennen, C. 2002, Essay Versuchsplanung. In: Spektrum Verlag (Hrsg.), Lexikon der Psychologie. Heidelberg: Spektrum Verlag.
10. Prümper, J., Hartmannsgruber, K. & Frese, M. 1995, Kurzfragebogen zur Arbeitsanalyse (KFZA), Zeitschrift für Arbeits- und Organisationspsychologie, 39, 125 – 132.
11. Packebusch, L., Herzog, B. & Laumen, S. 2003, Erfolg durch Arbeitsschutz – Bilanzierung der Einflussfaktoren im Bereich Sicherheit und Gesundheitsschutz auf den betrieblichen Erfolg kleiner und mittlerer Unternehmen, Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Forschungsanwendung FA 57. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW.

Implementierung der WIR-Unternehmensstrategie der Schnellecke Group

Mathias KEIL, Maria SCHMIDT, Thomas KUNZE und Birgit SPANNER-ULMER

*Institut für Betriebswissenschaften und Fabrikssysteme, TU Chemnitz,
Professur Arbeitswissenschaft,
Erfenschlager Strasse 73, D-09125 Chemnitz*

Kurzfassung: Die Implementierung von Unternehmensstrategien bedarf der ganzheitlichen Betrachtung aller relevanten Einflussgrößen. Im vorliegenden Praxisprojekt wurde dies über einen menschenzentrierten Ansatz zur Bewältigung von Veränderungsprozessen realisiert.

Schlüsselwörter: Unternehmensstrategie, Veränderungsprozess.

1. Motivation

In Zeiten der Globalisierung und zunehmenden Wettbewerbsdynamik stellt die Formulierung strategischer Unternehmensziele eine der Kernaufgaben des Top-Managements dar. Nur Unternehmen, die sich fortwährend weiter entwickeln, können dem Wandel ihrer Umfeldler folgen und sich an verändernde Anforderungen anpassen. Dabei ist ein Konzept zu entwickeln, um die Unternehmensziele nachhaltig im Denken und Handeln der Mitarbeiter zu verankern. Wenn dies entlang des Implementierungsprozesses gelingt, kann ein zusätzlicher Wert für das Unternehmen generiert werden (vgl. Raps 2000). Die Praxis zeigt, dass die Strategieimplementierung eine anspruchsvolle und vor allem langfristige Aufgabe ist. Dies wird anhand der Beobachtung verdeutlicht, dass die Erfolgsrate bei der Einführung intendierter Strategien mitunter weniger als 10% beträgt (vgl. Kiechel 1984; Judson 1991; Spanner-Ulmer 2006).

Gemeinsam mit der Professur Arbeitswissenschaft der TU Chemnitz wurde ein Gesamtkonzept für die Implementierung der WIR-Unternehmensstrategie der Schnellecke Group AG & Co. KG entwickelt, dass zum einen den Ansprüchen aus arbeitswissenschaftlicher Sicht, der menschenzentrierten Bewältigung des Veränderungsprozesses, sowie zum anderen der Berücksichtigung der spezifischen Unternehmenssituation Rechnung trägt.

2. Vorgehensweise

2.1 Ausgangssituation

Die Schnellecke Group AG & Co. KG ist eine global agierende Unternehmensgruppe. Mit ihren weltweit fast 12.000 Mitarbeitern, davon 3.500 Mitarbeiter in Deutschland, realisiert sie Dienstleistungen für eine Vielzahl namhafter OEMs und ist First Level Supplier der Automobilindustrie. Eine Besonderheit liegt in der Vernetzung der Sparten Spedition, Logistik und Produktion. Kontinuierliches Wachstum prägte die Unternehmensgruppe in den letzten Jahren, wobei sich die Unternehmensgröße alle fünf Jahre verdoppelte. Diese enorme Entwicklung eröffnete den Bedarf zur Konsolidierung. Hinzu kommen Kundenanforderungen wie Qualität, Liefer-

treue und Service auf der einen Seite sowie Marktanforderungen wie Wettbewerber, Preis- und Innovationsdruck auf der anderen Seite (Abbildung 1).



Abbildung 1: Anforderungsbewältigung des Unternehmens

Aus diesem Grund hat die Schnellecke Group AG & Co. KG die WIR-Unternehmensstrategie ins Leben gerufen, welche einerseits ein Mitarbeiterprogramm im Sinne von „WIR – Gemeinsam am stärksten“ darstellt, andererseits zugleich die Erhöhung der Unternehmensziele „Wachstum, Innovation und Rentabilität“ zum Ziel hat. WIR steht somit für die Einbindung aller Mitarbeiter in die Weiterentwicklung des Unternehmens. Jeder Mitarbeiter kann seinen Arbeitsplatz und seinen Bereich mitgestalten. Alle Verbesserungen werden gemeinsam in Angriff genommen und jeder Einzelne hat die Möglichkeit, aktiv ein Beitrag zur Erreichung der Unternehmensziele zu leisten.

2.2 Realisierung der Unternehmensstrategie

Verfolgt man die Literatur zur Implementierung von Unternehmensstrategien, so lassen sich drei Ansätze bzw. Handlungsfelder der Strategieimplementierung zusammenfassen:

- Ansätze, welche die Gestaltung organisatorischer Variablen in den Vordergrund rücken. Gemäß „structure follows strategy“ soll durch die Anpassungen der Organisation, der Unternehmenskultur sowie der Mitarbeiterqualifizierung die Voraussetzung für eine erfolgreiche Implementierung erbracht werden (Roush & Ball 1980; Aaker 1988; Kolks 1990)
- Ansätze, die darauf gerichtet sind, die Unternehmensziele zu detaillieren und zu operationalisieren. Der bekannteste Ansatz ist der Balanced Scorecard-Ansatz von Kaplan und Norton (Lehner 1996; Kaplan & Norton 1997).
- Und letztlich Ansätze, die Führung und Kommunikation in den Mittelpunkt der Betrachtung rücken und sich mit der Frage beschäftigen, wie die Unternehmensziele verständlich dem Mitarbeiter vermittelt werden, so dass dieser gemäß seiner Einstellung und seinem Verhalten im Sinne der Unternehmensziele entscheidet und handelt. Diese Ansätze betreffen meist psychologische Implementierungsansätze (Hrebiniak & Joyce 1984; Alexander 1985; Nutt 1987).

Für eine ganzheitliche Betrachtung wurden die Erfolgsfaktoren jener Handlungsfelder im MTO-Ansatz (Strohm & Ulich 1997) gebündelt und damit eine soziotechnische Systembetrachtung auf mehreren Ebenen ermöglicht (Abbildung 2).

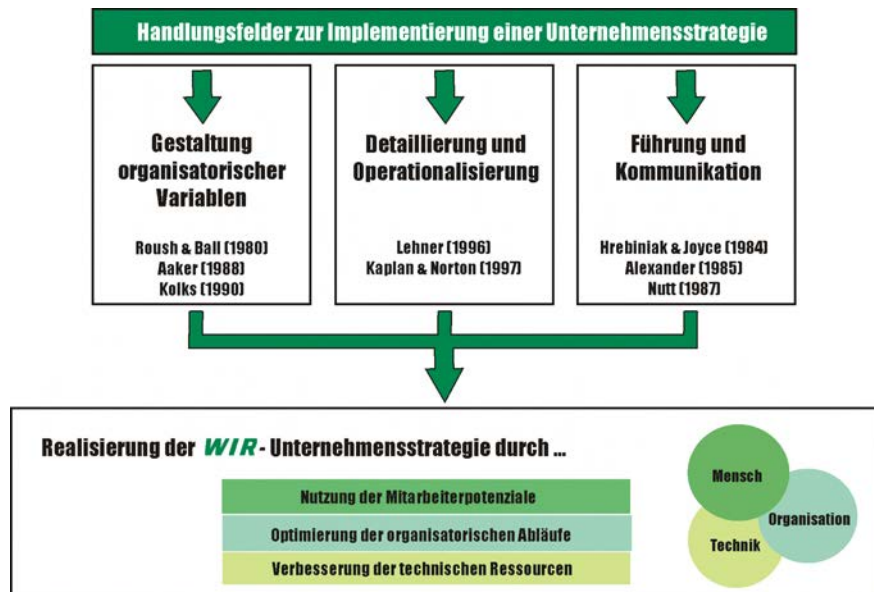


Abbildung 2: MTO-Ansatz zur Realisierung der WIR-Unternehmensstrategie

Alle drei Ebenen – Mensch, Technik und Organisation - sind bei der Realisierung der Unternehmensstrategie gleichermaßen zu berücksichtigen und bilden den Rahmen für die Einbeziehung aller relevanten Faktoren.

Die Philosophie der Unternehmensstrategie WIR soll von dem gesamten Unternehmen und jedem einzelnen Mitarbeiter getragen werden. Dies soll in drei aufeinander aufbauenden Phasen – Interessieren, Informieren, Aktivieren – erreicht werden und ist durch die Übergabe eines Staffelstabes symbolisiert (Abbildung 3).



Abbildung 3: Symbolische Übergabe des Staffelstabes in drei aufeinander folgenden Phasen

Das Ziel der Phase „Interessieren“ bestand darin, auf die WIR-Strategie unternehmensweit aufmerksam zu machen. Dies erfolgte durch das Anbringen von Stoffbahnen und WIR-Plakaten in den produzierenden wie auch in administrativen Bereichen. Die symbolische Konfrontation der Mitarbeiter über Plakate wurde durch nähere Informationen bzgl. der WIR-Strategie in Artikeln der Schnellecke Mitarbeiterzeitungen gestützt. Die alleinige visuelle Konfrontation des Mitarbeiters mit der Strategie bewirkt jedoch noch kein strategiekonformes Verhalten. Daher stand in der Phase „Informieren“ die zielgerichtete Information aller Schnellecke-Mitarbeiter über die Inhalte der WIR-Strategie im Mittelpunkt. Um dies zu gewährleisten, wurde ein spezieller WIR-Workshop schrittweise konzipiert und anschließend kaskadenförmig durchgeführt. Durch die Phase des „Informierens“ ist der Staffelstab länger gewor-

den, er ist aber noch nicht lang genug, um ihn sicher greifen zu können. Aus diesem Grund ist für eine erfolgreiche Umsetzung der WIR-Strategie die Phase „Aktivieren“ erforderlich. Ziel der abschließenden Phase des „Aktivierens“ ist es, die WIR-Ziele sowie den WIR-Gedanken langfristig zu verankern. Nur wenn die Mitarbeiter hinsichtlich ihrer Handlungen durch Strukturen, Methoden und Prozesse im Sinne der WIR-Strategie gestützt werden, wird diese auch nachhaltig gelebt und in das operative Denken und Handeln der Mitarbeiter übergehen. Insbesondere ist dabei auf die besonderen Gegebenheiten der einzelnen Sparten respektive der einzelnen Niederlassungen Rücksicht zu nehmen.

3. Ergebnisse

Insgesamt wurden im Rahmen der Phase „Informieren“ deutschlandweit 214 WIR-Workshops durchgeführt. Dabei generierten die Mitarbeiter des Unternehmens zahlreiche konkrete Maßnahmen als Beiträge zur WIR-Unternehmensstrategie, von denen ein großer Teil bereits erfolgreich umgesetzt ist. Die hohe Mitarbeiterbeteiligung zeigt, dass das Anliegen der WIR-Strategie deutlich gemacht werden konnte. Zudem wurden einige der besonders positiven Maßnahmen im Sinne von Best Practice genutzt und anderen Standorten zugänglich gemacht.

Durch das permanente Monitoring und Reporting der Maßnahmen über eine „WIR-Datenbank“ wurden die Führungskräfte aktiv in die WIR-Strategie eingebunden. Die WIR-Workshops führten zu Eigeninitiative auf allen Ebenen und motivierten dazu, Probleme gemeinsam mit dem Vorgesetzten zu diskutieren und Lösungen anzustoßen.

4. Literatur

1. Aaker, D. A. 1988, Developing Business Strategies, 2nd Edition, New York: Wiley.
2. Alexander, L. D. 1985, Successfully Implementing Strategic Decisions, LRP, 18, 91-97.
3. Judson, A. S. 1991, Invest in a High-Yield Strategic Plan, Journal of Business Strategy, 12, 34-39.
4. Hrebiniak, L. G. & Joyce, W. F. 1984, Implementing Strategy. New York: Maxmillan.
5. Kaplan, R. S. & Norton, D. P. 1997, Balanced Scorecard: Strategien erfolgreich umsetzen, aus dem Amerikanischen von P. Horváth, B. Kuhn-Wüfel und C. Vogelhuber. Stuttgart: Schäffer-Poeschel.
6. Kiechel, W. III. 1984, Sniping at strategic planning, Planning Review, 12, 8-11.
7. Raps, A. 2000, Strategisches Controlling mit Software-Unterstützung, Controlling, 12. Jg, 607-614.
8. Kolks, U. 1990, Strategieimplementierung: ein anwenderorientiertes Konzept. Wiesbaden: Deutscher Universitätsverlag.
9. Lehner, J. M. 1996, Implementierung von Strategien: Konzeption unter Berücksichtigung von Unsicherheit und Mehrdeutigkeit. Wiesbaden: Gabler.
10. Nutt, P. C. 1987, Identifying And Appraising How Managers Install Strategy, Strategic Management Journal, 8, 1-14.
11. Roush, C. H. & Ball, B. C. 1980, Controlling the implementation of strategy, Managerial Planning, November/December, 3-12.
12. Spanner-Ulmer, B. 2000, Verändern mit System, am Beispiel der Einführung eines Produktionssystems. In: Tagungsband zur Europäischen Konferenz Change Management 27.09.2006 Zwickau.
13. Strohm, O. & Ulich, E. 1997, Unternehmen arbeitspsychologisch bewerten. Ein Mehr-Ebenen-Ansatz unter besonderer Berücksichtigung von Mensch, Technik und Organisation. Zürich: vdf.

Wirbelsäulenbelastung durch Patiententransfers bei „konventioneller“ und „optimierter“ Arbeitsweise sowie beim Einsatz von „kleinen Hilfsmitteln“

Andreas THEILMEIER¹, Claus JORDAN¹, Norbert WORTMANN²,
Stefan KUHN³, Alwin LUTTMANN¹ und Matthias JÄGER¹

¹ *Institut für Arbeitsphysiologie an der Universität Dortmund,
Ardeystr. 67, D-44139 Dortmund*

² *Berufsgenossenschaft für Gesundheitsdienst und Wohlfahrtspflege (BGW),
Hauptverwaltung, Pappelallee 35/37, D- 22089 Hamburg*

³ *Berufsgenossenschaft für Gesundheitsdienst und Wohlfahrtspflege (BGW),
Präventionsdienst Mainz, Göttelmannstraße 3, D-55130 Mainz*

Kurzfassung: Zur Erhebung der Wirbelsäulenbelastung von Pflegepersonen wurden Patiententransfertätigkeiten untersucht, von denen vermutet wird, dass sie zu biomechanischen Überlastungen der Lendenwirbelsäule führen. Die Belastungen wurden mit Hilfe von biomechanischen Simulationsrechnungen quantitativ beschrieben und hinsichtlich der Gefährdung der Pflegepersonen beurteilt; weiterhin wurden Präventionsmaßnahmen geprüft. Eine „konventionelle“ Arbeitsweise führte zu sehr hohen Wirbelsäulenbelastungen; die Anwendung einer „optimierten Technik“ ergab eine deutliche Belastungsreduktion. Die Anwendung von „kleinen Hilfsmitteln“ reduziert die Belastung so weit, dass die Tätigkeit auch von weiblichen und/oder älteren Mitarbeitern „risikoarm“ ausgeführt werden kann.

Schlüsselwörter: Präventionsmaßnahmen, Wirbelsäulenbelastung, Pflegetätigkeiten, Biomechanische Simulationsrechnungen.

1. Einleitung

In dem hier vorgestellten Forschungsvorhaben wurde die Wirbelsäulenbelastung von Pflegepersonen bei 16 typischen Patiententransfertätigkeiten in Bezug auf unterschiedliche Arbeitsweisen untersucht. Ausgewählt wurden solche Pflegetätigkeiten, die präsumtiv mit einer biomechanischen Überlastung der Lendenwirbelsäule einhergehen. Für diese Tätigkeiten wurden die Belastungen der Pflegepersonen quantitativ beschrieben und hinsichtlich ihres Gefährdungspotentials beurteilt (Jäger et al. 2005). Die für eine „konventionelle“ (d.h. für eine üblicherweise angewendete) Arbeitsweise erhobenen Werte haben mittlerweile vormals verwendete Werte in Berufskrankheiten-Feststellungsverfahren ersetzt (Kuhn et al. 2001; Theilmeier et al. 2006a). Als Konsequenz der sehr hohen Wirbelsäulenbelastung bei einer konventionellen Tätigkeitsausführung wurden in weiteren Untersuchungen Möglichkeiten für Präventionsmaßnahmen geprüft. Dazu wurde neben der konventionellen eine hinsichtlich der Wirbelsäulenbelastung vermeintlich „optimierte“ Arbeitsweise und der Einsatz von „kleinen Hilfsmitteln“ (wie Gleitmatte oder Rutschbrett) analysiert.

2. Methode

Die Erhebung von Kennwerten der Wirbelsäulenbelastung erfolgte – messtechnisch gestützt – in Laboruntersuchungen. Mit Hilfe verschiedener Messsysteme wie „Messbett“ oder „Messstuhl“ wurden die Aktionskräfte der Pflegeperson dreidimensional und zeitvariant erhoben. Die von Patient und Pflegeperson durchgeführten Körperbewegungen wurden mit einem opto-elektronischen Messsystem und Videoaufnahmen aus mehreren Perspektiven erfasst (Jäger et al. 2003; Jordan et al. 2005; Theilmeier et al. 2005, 2006b). Im Anschluss an die Messungen wurden mit den aufgezeichneten Daten biomechanische Simulationsrechnungen mit dem Computermodell Der Dortmund (Jäger et al. 2000) durchgeführt und so der zeitliche Verlauf der Belastung der Lendenwirbelsäule insbesondere anhand der Druckkraft an einer Referenzbandscheibe (unterste Bandscheibe der Lendenwirbelsäule, L5-S1) erhoben. Für eine adäquate Beschreibung eher asymmetrischer Belastungsfälle wurden weitere Kennwerte wie seitliche Scherkraft und Seitbeuge- und Torsionsmoment an der Bandscheibe L5-S1 berechnet. Die Untersuchung erfolgte für 16 unterschiedliche Tätigkeiten bei systematischer Änderung der Untersuchungsbedingungen (2 Pflegepersonen; konventionelle, optimierte Ausführung und kleine Hilfsmittel; aktiver und passiver Mobilitätsgrad des Patienten) mit bis zu 13 Messwiederholungen. Insgesamt wurden Aktionskräfte und Körperhaltung von etwa 1000 Tätigkeiten aufgenommen, aus denen mit Hilfe der Parameter „typische Körperhaltung“ und „typische Aktionskraft“ 162 repräsentative Versuche für die nachfolgenden Simulationsrechnungen ausgewählt wurden. Die zugehörigen „Kraft- und Bewegungsverläufe“ wurden in über 1000 einzeln auszuwertende Abschnitte unterteilt, für die jeweils der zeitliche Verlauf der oben erwähnten Belastungskennwerte berechnet wurde.

3. Ergebnisse

Die Auswertung der Belastungsverläufe zeigte, dass die konventionelle Arbeitsweise in der Regel zu Druckkräften an der Bandscheibe L5-S1 führt, die deutlich über entsprechenden alters- und geschlechtsspezifischen Richtwerten (Dortmunder Richtwerte, Jäger et al. 2001) zur Arbeitsgestaltung liegen. So wurden beispielsweise – wie in Abbildung 1 dargestellt – für die konventionelle Ausführung der Tätigkeit „Höherlagern des Patienten im Bett (von der Längsseite des Betts aus)“ vereinzelt Druckkraftwerte (Spitzenwerte im jeweiligen zeitlichen Verlauf) von über 8 kN erhoben (Mittelwert 6,9 kN, $n = 9$). Wurde die gleiche Tätigkeit in optimierter Arbeitsweise ausgeführt, reduzierte sich die mittlere Wirbelsäulenbelastung um 40% auf etwa 4 kN. Durch die Anwendung kleiner Hilfsmittel wurde ein mittlerer Druckkraftwert von unter 3 kN erreicht, d.h. ein Wert, der 60% unter der Druckkraft bei konventioneller Arbeitsweise liegt. Ein ähnliches Ergebnis zeigte sich für die weiteren in Abbildung 1 dargestellten Tätigkeiten: Für das „Höherlagern des Patienten von der Bettkopfseite aus“ wurden bei der optimierten Version und bei der Ausführung mit kleinen Hilfsmitteln jeweils um 60% verringerte Bandscheibendruckkräfte erhoben; das „Verlagern des Patienten seitwärts im Bett“ geht mit Reduktionen von etwa 50% (optimiert) bzw. 60% (kleine Hilfsmittel) einher. Für das „Umsetzen des Patienten an die Bettkante“ zeigte sich eine Verringerung der Druckkraft um 30% bzw. 40%.

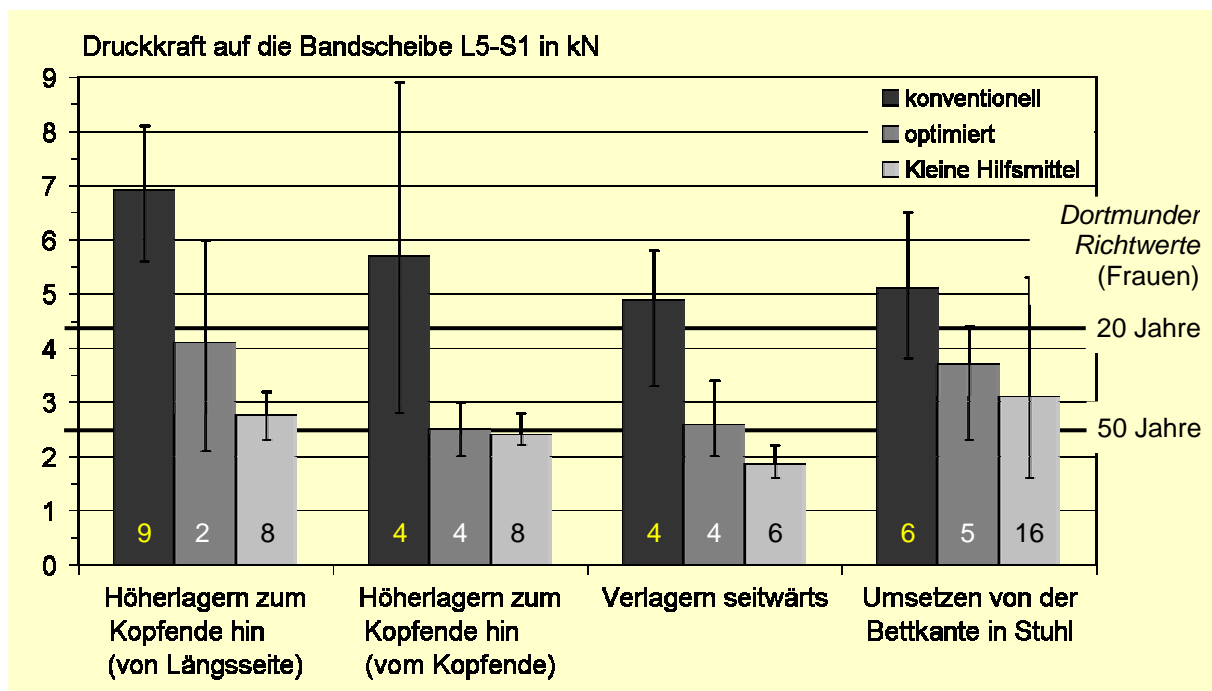


Abbildung 1: Exemplarische Darstellung der Druckkraft (Mittelwert, Spannweite und Fallzahl) auf die Bandscheibe L5-S1 von 4 der 16 untersuchten Tätigkeiten für die drei untersuchten Arbeitsweisen „konventionell“, „optimiert“ und mit „kleinen Hilfsmitteln“. Rechts: „Dortmunder Richtwerte“ für Frauen im Alter von 20 bzw. 50 Jahren

Auch für die hier nicht dargestellten Tätigkeiten führte die optimierte Arbeitsweise zu einer deutlichen Reduktion der Wirbelsäulenbelastung. Allerdings senkte häufig erst die Anwendung von kleinen Hilfsmitteln die Wirbelsäulenbelastung (und damit das biomechanische Überlastungsrisiko) in einen Bereich, in dem die Tätigkeit auch von weiblichen und/oder älteren Mitarbeitern „risikoarm“ ausgeführt werden kann.

Weiterhin waren der hier dargestellten Belastungsform „Druckkraft“ in einem relevanten Ausmaß häufig zusätzliche, die Asymmetrie repräsentierende Belastungsanteile (Scherkräfte und Momente) überlagert. Sie resultierten aus einer bezüglich der Körpermittenebene asymmetrischen Körperhaltung, aus beidseits ungleich ausgeübten Kräften oder den seitlich-horizontalen Kraftanteilen der Pflegeperson.

4. Diskussion

Die für die Untersuchungen gewählte Vorgehensweise einer dreidimensionalen und zeitvarianten Analyse führt zu einer adäquaten Beschreibung der Wirbelsäulenbelastung, zumeist anhand der Druckkraft auf die Bandscheibe L5-S1; sie ermöglicht ebenfalls Aussagen sowohl zu den Scher- und Torsionsbelastungen an L5-S1 als auch zu anderen Elementen der Lendenwirbelsäule, die im Hinblick auf die Schädigung besonderer Aufmerksamkeit bedürfen. Das Verfahren geht allerdings mit einem hohen personellen Aufwand für die Auswertung einher und ist daher für größere Probandenkollektive weniger gut geeignet. Durch eine gezielte Auswahl typischer Vorgänge aus dem Pool der erhobenen Daten konnten die Effekte einer teilweise niedrigen Fallzahl weitgehend ausgeglichen werden.

Die hier beschriebenen Ergebnisse belegen, dass die untersuchten Tätigkeiten für viele Personengruppen bei konventioneller Arbeitsweise mit Belastungen oberhalb sämtlicher Richtwerte verbunden ist. Demnach – und unter dem Aspekt möglicher

zusätzlicher Belastungsanteile aus der „Asymmetrie“ – sollten derartige Tätigkeiten auch von jungen Pflegekräften nicht in konventioneller, sondern in optimierter Ausführung oder mit kleinen Hilfsmitteln durchgeführt werden. Für ältere Pflegepersonen liegt die Wirbelsäulenbelastung auch bei Nutzung von „kleinen Hilfsmitteln“ für einige Tätigkeiten noch oberhalb der empfohlenen Richtwerte. Für diese Fälle sollten organisatorische und/oder technische Maßnahmen getroffen werden, um das biomechanische Überlastungsrisiko zu minimieren.

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 & W. Schneider (Hrsg.), Prävention von arbeitsbedingten Gesundheitsgefahren und Erkrankungen. Leipzig: Monade, 105-124.
2. Jäger, M., Luttmann, A. & Göllner, R. 2001, Belastbarkeit der Lendenwirbelsäule beim Handhaben von Lasten - Ableitung der Dortmunder Richtwerte auf Basis der lumbalen Kompressionsfestigkeit, Zentralblatt für Arbeitsmedizin, Arbeitsschutz und Ergonomie, 51, 354-372.
3. Jäger, M., Jordan, C., Theilmeier, A. & Luttmann, A. 2003, Dortmunder Lumbalbelastungsstudie 3: Ermittlung der Belastung der Lendenwirbelsäule bei ausgewählten Pflege Tätigkeiten mit Patiententransfer. Teil 1: Entwicklung und exemplarische Anwendung der Methodik. Aachen: Shaker.
4. Jäger, M., Theilmeier, A., Jordan, C. & Luttmann, A. 2005, Dortmunder Lumbalbelastungsstudie 3: Ermittlung der Belastung der Lendenwirbelsäule bei ausgewählten Pflege Tätigkeiten mit Patiententransfer. Teil 2: Belastungskennwerte von sicher gefährdenden Tätigkeiten im Sinne der Berufskrankheit 2108. Aachen: Shaker.
5. Jordan, C., Theilmeier, A., Luttmann, A. & Jäger, M. 2005, Erfassung der Lendenwirbelsäulenbelastung bei Kranken- und Altenpflege Tätigkeiten mit Patiententransfer. In: Th. Brüning, V. Harth & M. Zaghow (Hrsg.), Dialog zwischen betrieblicher Praxis und arbeitsmedizinischer Wissenschaft, CD-ROM. Stuttgart: Gentner, 429-433.
6. Kuhn, S., Baumann, W., Lang, R. & Wortmann, N. 2001, MDD-Pflege - Vorläufige Dosisberechnung (Gesundheitsdienst). Hamburg: BGW.
7. Theilmeier, A., Jordan, C., Luttmann, A. & Jäger, M. 2005, Messtechnisch gestützte Erfassung von Körperhaltungen und Aktionskräften zur Erhebung der Wirbelsäulenbelastung bei Pflege Tätigkeiten, Zeitschrift für Arbeitswissenschaft, 59, 162-171.
8. Theilmeier, A., Jordan, C., Wortmann, N., Kuhn, St., Nienhaus, A., Luttmann, A. & Jäger, M. 2006a, Belastung der Lendenwirbelsäule von Pflegepersonen bei Patiententransfers – Kennwerte zur Nutzung in Berufskrankheiten-Feststellungsverfahren, Zentralblatt für Arbeitsmedizin, Arbeitsschutz und Ergonomie, 56, 228-251.
9. Theilmeier A., Jordan, C., Luttmann A., Jäger M. & DOLLY Group 2006b, Measurement of exerted forces for determining nurses' lumbar load during patient transfers. In: R.N. Pikaar, E.A.P. Koningveld & P.J.M. Settels (Eds.), Meeting Diversity in Ergonomics, CD-ROM. Amsterdam: Elsevier.

Danksagung: Ein ganz besonderer Dank gilt Frau Barbara-Beate Beck und Frau Beate Wiedmann (Forum fBB Hamburg) für die kompetente und konstruktive Zusammenarbeit.

Musterarbeitsplatz für ältere Arbeitnehmer

Hanna ZIESCHANG und Susan FREIBERG

*BGAG, Institut Arbeit und Gesundheit der
Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung,
Königsbrücker Landstraße 2, D-01109 Dresden*

Kurzfassung: Die demographische Entwicklung hat unmittelbar Konsequenzen für den Arbeits- und Gesundheitsschutz. Ältere Menschen entwickeln im Laufe ihres Arbeitslebens viele Kompetenzen, sie müssen mit zunehmendem Alter aber auch mit physiologischen Einschränkungen und damit erhöhtem Gefährdungspotenzial am Arbeitsplatz rechnen. Im BGAG wurden die physiologischen Veränderungen beim Älterwerden systematisch analysiert, um daraus Gestaltungshinweise für Arbeitsplätze älterer Arbeitnehmer abzuleiten. Diese wurden dann an Musterarbeitsplätzen praktisch umgesetzt.

Schlüsselwörter: Ältere Arbeitnehmer, Demographie, Montagearbeit.

1. Einleitung

Die Folgen der demographischen Entwicklung sind seit langem bekannt: Einer immer weiter sinkenden Geburtenrate steht eine steigende Lebenserwartung der Bevölkerung gegenüber. Daraus ergeben sich auch für die Arbeitswelt in den nächsten Jahren einschneidende Veränderungen.

Die Gruppe der älteren Arbeitnehmer ist nicht eindeutig definiert. Oft werden darunter bereits alle Personen ab 45 Jahren gefasst. Ab etwa diesem Alter treten typische Veränderungen auf. Einige dieser Veränderungen führen zu Defiziten, andere helfen dem älteren Arbeitnehmer, die entstehenden Defizite zu kompensieren bzw. verschaffen ihm anderweitig Vorteile. Es stellt sich die Frage, wie die Veränderungen in Bezug auf die Arbeitsplatzgestaltung einzuschätzen sind.

2. Methode

Anhand einer Literaturanalyse wurden alle physiologischen Veränderungen beim Älterwerden zusammen getragen und die Gefährdungen herausgearbeitet, denen ältere Arbeitnehmer verstärkt ausgesetzt sind. Aus diesen Erkenntnissen entstanden ergonomische Gestaltungshinweise für Arbeitsplätze älterer Arbeitnehmer, die deren besondere Bedürfnisse berücksichtigen. Diese Hinweise wurden an einem „Musterarbeitsplatz Montage“ umgesetzt.

Um zu beurteilen, ob der Musterarbeitsplatz tatsächlich die Anforderung erfüllt, für ältere Beschäftigte besonders geeignet zu sein, wurde er in einer Laboruntersuchung mit einem weiteren Montagearbeitsplatz verglichen. Die Versuchspersonen führten an beiden Arbeitsplätzen dieselbe Montagetätigkeit aus. Anschließend wurden sie mündlich anhand eines standardisierten Leitfadens zu beiden Arbeitsplätzen interviewt.

3. Ergebnisse

Die typischen Veränderungen beim Altern, die man eher in den Bereich der Leistungsminderung einordnet, treten beim Einzelnen in ganz unterschiedlicher Ausprägung und auch mit unterschiedlichem Lebensalter auf. Hierzu gehören unter anderem:

- altersbegleitende Hörverluste bis hin zur Schwerhörigkeit,
- Abnahme der Sehleistungen, z.B. Altersweitsichtigkeit, gesteigerter Helligkeitsbedarf um bis zu 100%,
- Einschränkung der allgemeinen Beweglichkeit, insbesondere der Feinmotorik,
- Abnahme der muskulären Leistungsfähigkeit oder Körperkraft,
- verminderte Leistungsfähigkeit des Herz-Kreislauf-Systems,
- eingeschränkte Leistungen des Kurzzeitgedächtnisses,
- erhöhte Reaktionszeit.

Trotz dieser überwiegend körperlichen abnehmenden Leistungsfähigkeit bestehen gute Chancen, auch ältere Arbeitnehmer weiterhin im Produktionsprozess einzusetzen. Um dies zu verdeutlichen, wurden im Institut Arbeit und Gesundheit (BGAG) in Dresden verschiedene Musterarbeitsplätze eingerichtet, unter anderem ein Montagearbeitsplatz. An ihm wurde ein realitätsnaher Arbeitsprozess entwickelt (Montage eines Maschinenschraubstockes), anhand dessen verschiedene Gestaltungselemente praktisch dargestellt werden können.

3.1 Ergonomische Gestaltung des Arbeitsplatzes

Im ersten Schritt wurde der Arbeitsplatz nach arbeitswissenschaftlichen Erkenntnissen ergonomisch gut gestaltet. Dies bedeutet, dass grundlegende Elemente realisiert wurden, zum Beispiel

- eine nicht reflektierende Arbeitsfläche,
- im Greifraum des Arbeitenden angeordnete Greifbehälter,
- die Möglichkeit, die Anordnung der Arbeitsmittel individuell z.B. durch leichtes Umordnen oder Umstecken der Vorratsbehälter an die individuellen Vorlieben im Arbeitsablauf oder an Links- und Rechtshändigkeit anzupassen,
- eine Farbkodierung der Schrauben-Ablagebehälter und der zugehörigen Schrauber-Bits,
- ein höhenverstellbarer Stuhl, eine Fußstütze für kleinere Personen,
- Transportwagen für das benötigte Material, Transportbänder für die fertigen Werkstücke.

3.2 Zusatzelemente für ältere Arbeitnehmer

Darauf aufbauend wurden verschiedene Elemente eingerichtet, die sich eignen, den Bedürfnissen älterer Arbeitnehmer entgegen zu kommen (Abb. 1):

- Um dem bis zu 100% erhöhten Helligkeitsbedarf älterer Arbeitnehmer gerecht zu werden, wurde am Musterarbeitsplatz ein bei Bedarf zuschaltbarer Leuchtkörper angebracht. Die Werte der eingesetzten Leuchte konnten durch die Zuschaltung einer weiteren Leuchte gleichen Typs auf etwa 2300 lx verdoppelt werden. Auch bei der Kombination beider Leuchten tritt keine Blendung auf. Seine Maximalkraft erreicht der Mensch mit etwa 20 Jahren. Ein 60-jähriger Arbeitnehmer besitzt noch ca. 65% seiner früheren Maximalkraft (Hettinger &

Wobbe 1993). Ilmarinen & Tempel (2002) empfehlen für ältere Arbeitnehmer, das Heben von Lasten, das mehr als 20% der Maximalleistung eines jungen Arbeiters verlangt, zu vermeiden.

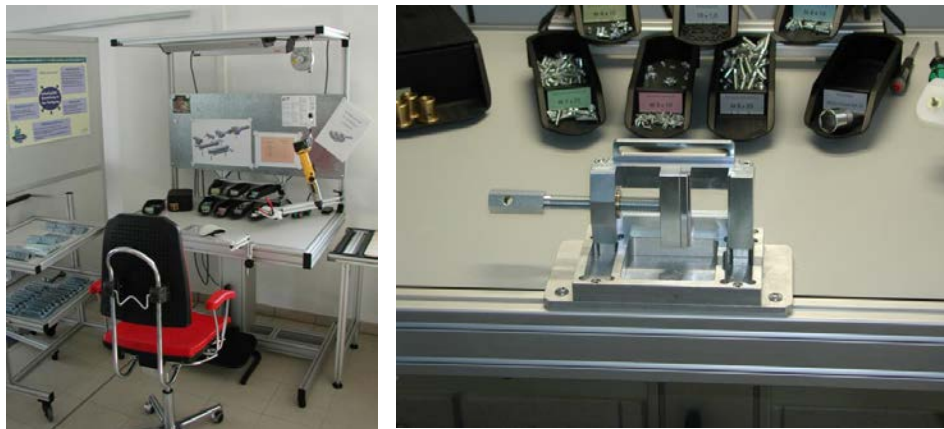


Abbildung 1: Gesamtansicht des „Musterarbeitsplatzes Montage“ (links) und Halterung zur Befestigung des Werkstücks, um die Feinmotorik zu erleichtern (rechts)

- Um diesen Fakten Rechnung zu tragen, wurde am Musterarbeitsplatz zur Entlastung des Stütz- und Bewegungsapparates ein Balancer für den Schrauber angebracht. Darüber hinaus wurde auf eine Begrenzung der zu handhabenden Lasten, im konkreten Fall des zu fertigenden Maschinenschraubstocks, auf unter 3 kg pro Werkstück geachtet. Zusätzlich wurden Unterarmstützen eingesetzt, die der Armentlastung dienen und damit die Feinmotorik verbessern sollten.
- Eine visualisierte Beschreibung des Montageprozesses mit all seinen Einzelschritten in klar aufgebauten Abbildungen hilft beim Anlernen und beugt Fehlern vor. Dies wurde am Musterarbeitsplatz durch eine gute Lesbarkeit durch ausreichend große Schrift, klare Kontraste und große Abbildungen umgesetzt.
- Am Rand des Montagetisches am Musterarbeitsplatz wurde eine Halterung befestigt, in die die Baugruppe während der Montage eingepasst werden kann (Abb. 1 rechts). Sie verhindert das Wegrutschen der zusammenzubauenden Teile, die Motorik des Arbeitenden wird entlastet, der Zusammenbau zeitlich optimiert.
- Durch den Einsatz eines elektrisch höhenverstellbaren Montagetisches kann sich jeder Mitarbeiter seine ideale Arbeitshöhe einstellen, aber auch zwischen sitzender und stehender Tätigkeit wechseln.
- Da höhenverstellbare Montagetische nicht preiswert sind, wurden auch kostenneutrale Maßnahmen überlegt, die mangelnder Bewegung durch ständiges Sitzen entgegen wirken. Am Musterplatz wurde das Transportband zur Weiterleitung des fertig montierten Werkstücks in etwa 1 m Entfernung vom Montagetisch gestellt, damit der Arbeitende gezwungen ist, für das Ablegen aufzustehen.

3.3 Bewertung des Musterarbeitsplatzes für ältere Arbeitnehmer

Ein Vergleichsarbeitsplatz wurde ebenfalls ergonomisch gut gestaltet, an ihm waren aber die beschriebenen Zusatzelemente für ältere Beschäftigte nicht angebracht. Die Versuchspersonen führten an beiden Arbeitsplätzen dieselbe Montagetätigkeit

aus. Anschließend wurden sie zu beiden Arbeitsplätzen interviewt.

Die Interviews zeigten vor allem:

Die zusätzlich angebrachten Elemente am Musterarbeitsplatz wurden deutlich als Erleichterung bewertet. Allein die Unterarmstützen wurden eher als Belastung empfunden. Deren Nutzung war ungewohnt, der Einsatz bei relativ großen Greifräumen ungünstig. Somit führte ihr Einsatz zu Zeitverlusten bei der Arbeit.

Bei dieser positiven Einschätzung der Zusatzelemente am Musterarbeitsplatz gab es keine signifikanten Unterschiede zwischen jüngeren (< 45 Jahren) und älteren Versuchspersonen.

4. Diskussion

Ziel des Arbeitsschutzes ist es, die Arbeitsfähigkeit möglichst vieler Arbeitnehmer bis zum Rentenalter zu erhalten. Die Arbeitsfähigkeit wird bestimmt durch die individuellen Ressourcen des Arbeitnehmers sowie durch die Arbeit und ihr Umfeld. Einer der Handlungsfelder, die dem Erhalt der Arbeitsfähigkeit dienen, ist die vor allem ergonomische Gestaltung der Arbeitsumgebung (Ilmarinen & Tempel 2002).

In Bezug auf die Gestaltung des Arbeitsplatzes oder der Arbeitsmittel und den Umgang mit ihnen werden die älteren Beschäftigten eher mit ihren Defiziten konfrontiert als mit ihren Kompetenzen. Letztere kommen vorrangig im psychosozialen Kontext zum Tragen. Die hier dargestellten Ergebnisse zeigen aber, dass allein schon durch eine gute ergonomische Gestaltung ein großer Teil der Defizite älterer Beschäftigter kompensiert werden kann. Nur wenige Elemente sind darüber hinaus hilfreich, um die Arbeit noch weiter zu erleichtern. Dabei stellen diese Maßnahmen, das zeigen die ersten Schritte in Richtung Bewertung des Musterarbeitsplatzes, auch für die jüngeren Beschäftigten eine Erleichterung dar. Auch bei den Jüngeren darf die Belastung auf keinen Fall regelmäßig zu Maximalleistungen führen, damit sie – ganz im präventiven Sinne – gesund das höhere Alter erreichen können.

Als Fazit lässt sich festhalten:

Grundlage ist eine gute Gestaltung nach arbeitswissenschaftlichen und ergonomischen Kriterien. Nur wenige spezielle zusätzliche Maßnahmen sind hilfreich, eventuell auch erforderlich, um den Arbeitsplatz an die Bedürfnisse der Älteren anzupassen.

Die gute ergonomische Gestaltung erhöht auch die Arbeitssicherheit der jüngeren Arbeitnehmer und ist für sie, und damit für alle Generationen präventiv wirksam.

Die Einrichtung von „Altenarbeitsplätze“ ist nicht nur nicht sinnvoll, sondern nach diesen Ergebnissen auch gar nicht notwendig. Zum einen müssen in Schichtsystemen ohnehin alle Generationen an allen Arbeitsplätzen arbeiten können. Zum anderen wird eine altersbedingte soziale Abgrenzung verhindert.

Eine Pauschalierung ist nicht möglich. Die individuellen Fähigkeiten sollten nach Möglichkeit immer berücksichtigt werden.

5. Literatur

1. Hettinger, Th. & Wobbe G. (Hrsg.) 1993, Kompendium der Arbeitswissenschaft: Optimierungsmöglichkeiten zur Arbeitsgestaltung und Arbeitsorganisation. Ludwigshafen (Rhein): Kiehl, S. 99.
2. Ilmarinen, J. & Tempel, J. 2002, Arbeitsfähigkeit 2010: Was können wir tun, damit Sie gesund bleiben ?. Hamburg: VSA.

Gesundheit

Betriebliche Gesundheitsförderung für kleine und mittlere Unternehmen

Dieter BONITZ¹ und Michael DRUPP²

¹ AOK-Bundesverband, Kortrijker Str. 1, D-53177 Bonn

² AOK-Institut für Gesundheitsconsulting,
Hildesheimer Str. 273, D-30519 Hannover

Kurzfassung: Eine Befragung von betrieblichen Entscheidungsträgern, die mit der AOK ein betriebliches Gesundheitsmanagement aufgebaut haben, zeigt dass damit insbesondere Arbeitsschutzmaßnahmen optimiert und über die Beteiligung der Mitarbeiter lösungsorientierte Kommunikationsstrukturen geschaffen wurden. Die Unfallhäufigkeit, der Krankenstand und die Kosten der Lohnfortzahlung konnten gesenkt und die Produktivität gesteigert werden.

In einem Modellprojekt der AOK Niedersachsen konnten mehr als 25 mittelständische Unternehmen über Netzwerkkonferenzen und Arbeitskreise zu Themen wie Führung, Kommunikation, Demografie und Benchmarking eingebunden werden. So wurde ein branchenübergreifendes Lernen zur Durchführung von Projekten des betrieblichen Gesundheitsmanagements implementiert.

Schlüsselwörter: Betriebliche Gesundheitsförderung, Kleinbetriebe, Kompetenznetzwerke, wirtschaftlicher Nutzen.

1. Einleitung

Seit Mitte der neunziger Jahre initiiert und begleitet die AOK Projekt zur betrieblichen Gesundheitsförderung. Dabei spielt die Frage nach dem wirtschaftlichen Nutzen entsprechender Maßnahmen immer wieder eine zentrale Rolle für die Entscheidungsträger in den Unternehmen.

Um den Nutzen des betrieblichen Gesundheitsmanagements argumentativ zu unterstützen, wurde vom AOK-Bundesverband im Jahr 2004 eine Befragung von Entscheidungsträgern im Unternehmen gestartet, die mit der AOK Projekte zur Implementierung eines betrieblichen Gesundheitsmanagements durchgeführt hatten.

Bis Anfang 2007 wurden 212 Unternehmen befragt, die in verschiedenen Branchen von Produktion, Dienstleistung und Handel tätig sind. Gefragt wurde insbesondere nach der Motivation und dem resultierendem Nutzen der Zusammenarbeit mit der AOK im Bereich der betrieblichen Gesundheitsförderung. Damit wurde eine Zusammenstellung von Beispielen guter Praxis aufgebaut, die als Referenz und Argumentationshilfe geeignet ist (Bonitz et al. 2007).

2. Unternehmerischer Nutzen des betrieblichen Gesundheitsmanagements

Die Befragungen zum unternehmerischen Nutzen des betrieblichen Gesundheitsmanagements zeigen folgendes Bild. Das wichtigste Motiv zur Initiierung von Projekten der betrieblichen Gesundheitsförderung besteht in der Optimierung des Arbeitsschutzes und der Verringerung von Gesundheitsgefahren am Arbeitsplatz.

Außerdem spielt das Ziel einer Verbesserung von Arbeitszufriedenheit und Betriebsklima insbesondere in Handels- und Dienstleistungsbetrieben eine herausragende Rolle.

Zum Nutzen der betrieblichen Gesundheitsförderung befragt, antworteten die Entscheidungsträger, dass sie einen hohen oder sehr hohen Nutzen durch das betriebliche Gesundheitsmanagement erfahren haben. Die prozentuale Auswertung bei Mehrfachnennung zeigt die Abbildung 1.

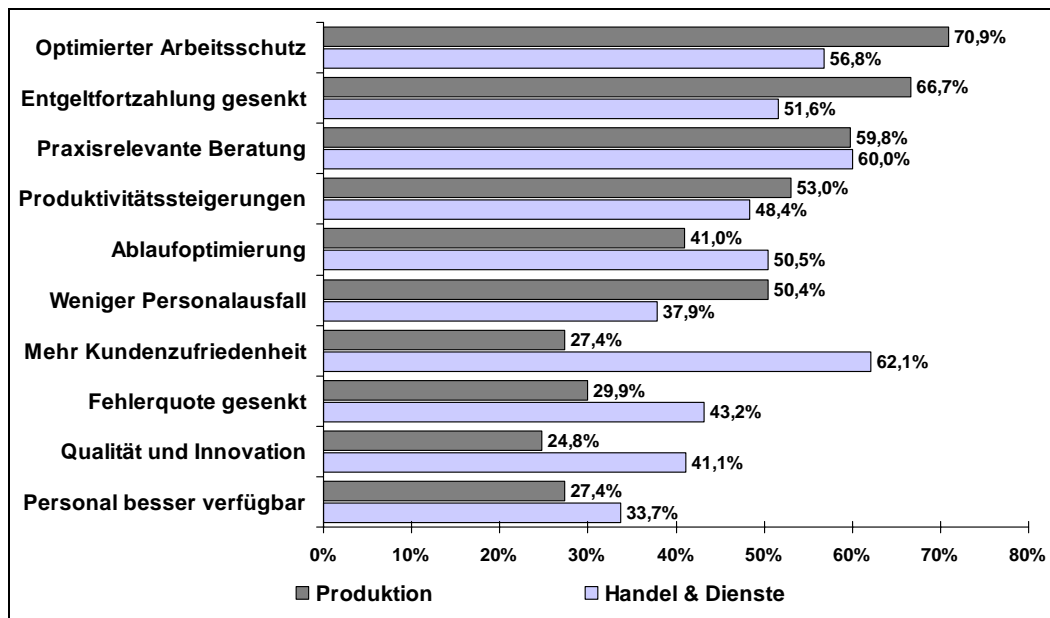


Abbildung 1: Mehrfachnennungen zu dem hohen oder sehr hohen Nutzen, den das betriebliche Gesundheitsmanagement den Unternehmen gebracht hat

So haben 70,9 Prozent der befragten AOK-Partnerbetriebe in produzierenden Branchen den hohen oder sogar sehr hohen Nutzen in der Optimierung des Arbeitsschutzes gesehen. In Handels- oder Dienstleistungsunternehmen waren es immerhin noch 56,8 Prozent. Kundenzufriedenheit spielt dagegen in produzierenden Betrieben gegenüber Handels- und Dienstleistungsbetrieben eine geringere Rolle. In diesen Branchen kann mit BGF ein hoher Nutzen für die Kundenzufriedenheit erreicht werden. Insgesamt kann das betriebliche Gesundheitsmanagement häufig zur Senkung von Fehlzeiten und zur Steigerung der Produktivität beitragen.

3. Aufbau von Kompetenznetzwerken für Kleinbetriebe

Allerdings verfügen insbesondere Klein- und Mittelunternehmen (KMU) oft nicht über hinreichende Ressourcen, um betriebliche Gesundheitsmanagementprojekte systematisch durchzuführen. Auf Grund dessen sind sie auf rasche, sichtbare Erfolge orientiert. Die Folge der permanenten Ressourcenknappheit ist eine Hinwendung zu Pragmatismus und eingegrenzter Problemorientierung, bei der Nachhaltigkeit und strategische Ausrichtung zu kurz kommen. Damit werden auf dem Gebiet des Gesundheits- und Arbeitsschutzes Potenziale verschenkt, die gerade KMU zur Stärkung ihrer Wettbewerbs- und Innovationsfähigkeit verwenden könnten.

Um diese Potenziale zum Tragen kommen zu lassen, organisiert die AOK Niedersachsen als Intermediär und Koordinator seit 2005 das Netzwerk KMU-Kompetenz.

Dies ist ein Transferprojekt, das im Rahmen der Initiative Neue Qualität der Arbeit (INQA) durch die Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) finanziell gefördert wird. Im Transferbeirat, der das Projekt inhaltlich begleitet und bewertet, sind neben den Sozialpartnern der beteiligten Bundesländer auch die Hans-Böckler-Stiftung, die Bertelsmann-Stiftung und das European Network for Workplace Health Promotion (ENWHP) vertreten (Kirschbaum 2007).

Die im niedersächsischen Netzwerk vertretenen 25 KMU verbreitern durch die Beteiligung im Netzwerk ihre Informationsbasis, bauen weitere Kompetenzen auf und ergänzen bewährte Praktiken. Die Motivation für die Teilnahme an Kompetenznetzwerken ziehen die Mitgliedsunternehmen aus den Erwartungen, dass sich durch das Netzwerk Synergiepotenziale ergeben, die zum eigenen Nutzen ausgeschöpft werden.

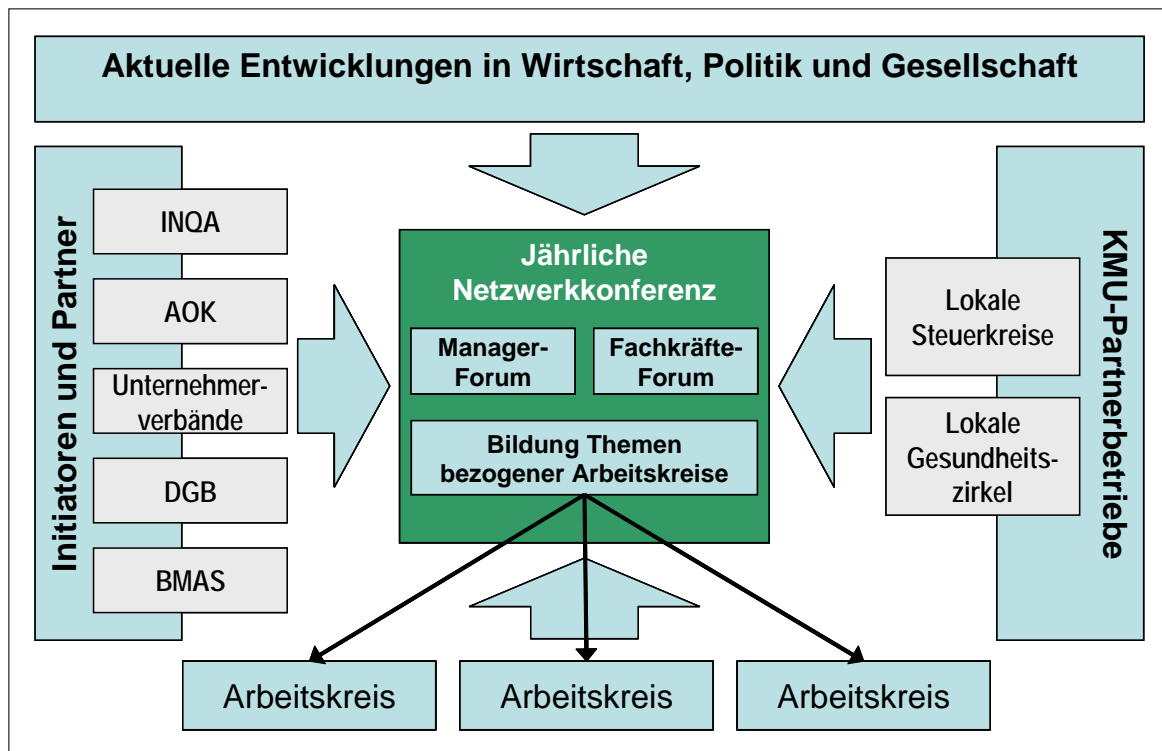


Abbildung 2: Gesamtorganisation des Netzwerks KMU-Kompetenz in Niedersachsen

Das Kompetenznetzwerk veranstaltet jährlich eine Netzwerkkonferenz, auf der Arbeitskreise gebildet werden, die konkrete Fragestellungen und Herausforderungen im Jahresverlauf bearbeiten. Auf den Netzwerkkonferenzen werden die Themen und das (grobe) Arbeitsprogramm für das folgende Jahr bestimmt. Durch die verbindlich in den Mitgliedsunternehmen durchgeführten Gesundheitsmanagement-Projekte werden insbesondere auch Fragen aufgeworfen, die oftmals nur zum Teil branchentypisch sind, in der Vergangenheit aber in anderen Branchen erfolgreich gelöst wurden. Auch aus diesem Grund ist das Kompetenznetzwerk branchenübergreifend angelegt.

Mit Hilfe einer Evaluationsbefragung wurde festgestellt, inwieweit die mit dem Netzwerk verbundene Zielsetzung der Erreichung von Wissenstransfer erreicht worden ist und in welchen Bereichen eventuell Korrekturen vorzunehmen sind.

Dem Netzwerk KMU-Kompetenz wird durch die Unternehmen ein großer Nutzen für die Mitgliedsunternehmen, eine hohe Qualität des Erfahrungsaustauschs und eine sehr gute Organisation attestiert. Auch das Verhältnis von Kosten und Nutzen

steht für die Mitgliedsunternehmen in einem guten Verhältnis. Dies zeigt sich auch in einer sehr guten Gesamtzufriedenheit der Mitgliedsunternehmen.

Entscheidend für das Engagement von mittelständischen Unternehmen im Netzwerk KMU-Kompetenz ist der betriebswirtschaftliche Nutzen, den die Unternehmen aus dem Netzwerk und den eigenen Projekten des betrieblichen Gesundheitsmanagements ziehen. Um den wirtschaftlichen Nutzen der Netzwerkarbeit zu ermitteln, ist in Kooperation mit der Fachhochschule Hannover ein Messmodell für den betriebswirtschaftlichen Nutzen der Projekte erstellt worden, auf dessen Grundlage im Laufe dieses Jahres eine Befragung der Netzwerkunternehmen durchgeführt wird.

4. Ausblick

Das Netzwerk KMU-Kompetenz ist mittlerweile bundesweit bekannt und seit 2007 nicht nur in Niedersachsen aktiv, sondern unterhält Teilnetzwerke in Hamburg, Mecklenburg-Vorpommern, Hessen und Westfalen-Lippe. Auf diesem Wege wird das Netzwerkkonzept auf seine Übertragbarkeit getestet, so dass aus den Erfahrungen verallgemeinerbare Empfehlungen abgeleitet werden können. Über die Studie zum wirtschaftlichen Nutzen sollen vertiefte Erkenntnisse zu den ökonomischen Effekten von BGM-Projekten gewonnen werden.

5. Literatur

1. Bonitz, D., Eberle, G. & Lück, P. 2007, Wirtschaftlicher Nutzen von Betrieblicher Gesundheitsförderung aus der Sicht von Unternehmen.
http://www.aok-bv.de/gesundheit/praevention/gu/index_00943.html.
2. Kirschbaum, V. 2007, Erfolgsmodell auf Karrierekurs, Das AOK Forum für Politik, Praxis und Wissenschaft, Spezial 5/2007, 15.

Ganzheitliche Gefährdungsbeurteilung als Baustein eines partizipativen Gesundheitsmanagements

Barbara WILDE¹, Carolina BAHAMODES PAVEZ¹, Stephan HINRICHS¹,
Andreas KRAUSE² und Heinz SCHÜPBACH¹

¹ *Institut für Psychologie, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg,
Engelbergerstraße 41, D-79085 Freiburg*

² *Institut Mensch in komplexen Systemen, Fachhochschule Nordwestschweiz,
Riggenbachstraße 16, CH-4600 Olten*

Kurzfassung: Im Rahmen einer Fallstudie in einem baden-württembergischen Unternehmen wurde ein partizipativer Ansatz zur ganzheitlichen Gefährdungsbeurteilung entwickelt und erprobt. Ziel ist es, neben physischen auch psychische Belastungen am Arbeitsplatz zu ermitteln und Gefährdungen zu reduzieren. Zur Analyse der psychischen Belastungen wurden Fragebögen eingesetzt und Tätigkeitsanalysen durchgeführt. Nach der Rückmeldung der Ergebnisse wurden Workshops zur Vertiefung der Analyse und Ableitung von Maßnahmen gestaltet. Im Beitrag werden das Verfahren sowie die eingesetzten Instrumente beschrieben. Weiterhin werden die Ergebnisse der quantitativen und qualitativen Evaluation dargestellt und Konsequenzen daraus diskutiert.

Schlüsselwörter: Gefährdungsbeurteilung, psychische Belastungen, Verfahren, Evaluation.

1. Einleitung

Seit 1996 gibt es in Deutschland in Folge einer EU-Rahmenrichtlinie ein neues Arbeitsschutzgesetz. Eine zentrale Neuerung ist dabei die für den Arbeitgeber obligatorische Gefährdungsbeurteilung (§ 5). Jeder Arbeitsplatz ist auf Gefährdungen der Gesundheit hin zu betrachten, dabei sind auch psychische Belastungen in die Gefährdungsbeurteilung zu integrieren. Doch Gefährdungsbeurteilungen, insbesondere mit Berücksichtigung psychischer Belastungen, sind noch nicht in wünschenswerter Weise verbreitet. Die WSI-Betriebsrätebefragung zu Gesundheit und Prävention am Arbeitsplatz im Jahr 2004 zeigt, dass nur rund die Hälfte der Betriebe in der Privatwirtschaft seit 1996 wenigstens einmal eine Gefährdungsbeurteilung durchgeführt hat. Gefährdungsbeurteilungen mit Berücksichtigung psychischer Belastungen wurden nur in 23 Prozent der Betriebe durchgeführt (Ahlers & Brüssig 2005). Dieser Befund muss nicht nur vor dem gesetzlichen Hintergrund, sondern insbesondere auch in Hinblick auf die Zunahme psychischer Belastungen in der Arbeitswelt (Jansen 2000) als äußerst besorgniserregend bezeichnet werden. Aus arbeitspsychologischer Sicht können die Entwicklung und Erprobung von Verfahren und Instrumenten zur Gefährdungsbeurteilung psychischer Belastungen einen Beitrag zur Behebung dieses Missstands leisten. Im Folgenden werden deshalb ein Verfahren und Instrumente zur Beurteilung des Gefährdungspotentials psychischer Belastungen sowie die Erfahrungen bei deren Durchführung beschrieben.

2. Verfahren und Instrumente

Die beschriebene Gefährdungsbeurteilung psychischer Belastungen wurde für ein Industrieunternehmen in Baden-Württemberg entwickelt und mittlerweile im Rahmen von zwei Pilotphasen in sieben Abteilungen unter Beteiligung von über 400 Mitarbeitenden durchgeführt. Zwischen den beiden Pilotphasen fand eine erste Evaluation statt, daraufhin wurde das Verfahren für die zweite Pilotphase optimiert. Im Folgenden wird das bereits optimierte Verfahren der zweiten Pilotphase dargestellt.

2.1 Vorbereitung der Gefährdungsbeurteilung

Zur Vorbereitung der Gefährdungsbeurteilung wurden anhand von Dokumentenanalysen und Führungskräfteinterviews Informationen über die jeweiligen Abteilungen eingeholt, die vor allem für die Auswahl von typischen Arbeitsplätzen für die folgenden Tätigkeitsanalysen entscheidend waren. Zentrale Themen waren dabei die Aufbau- und Ablauforganisation der jeweiligen Abteilung.

Weiterhin wurden die Abteilungen auf die Gefährdungsbeurteilung vorbereitet, indem sie über das Verfahren informiert wurden. Dabei wurde speziell für die Führungskräfte der einbezogenen Abteilungen eine eintägige Qualifizierungsveranstaltung durchgeführt, die sich mit den Themen psychische Belastung und Beanspruchung sowie dem Vorgehen der Gefährdungsbeurteilung befasste. Für die Mitarbeiter jeder Abteilung wurde eine zweistündige Informationsveranstaltung zu diesen Themen angeboten. Ziel beider Veranstaltungen war es, die Beteiligung von Führungskräften und Mitarbeitern an der Gefährdungsbeurteilung sicherzustellen.

2.2 Analyse psychischer Belastungen

Zur Analyse der psychischen Belastungen wurde eine Kombination aus Fragebogen und Tätigkeitsanalyse verwendet, dadurch können Vor- und Nachteile der beiden Erhebungsmethoden ausgeglichen werden (Resch 2003). Der Fragebogen wurde auf Grundlage bewährter Skalen aus bestehenden Instrumenten wie dem Instrument zur Stressbezogenen Tätigkeitsanalyse (ISTA, Semmer et al. 1999), der Salutogenetischen Subjektiven Arbeitsanalyse (SALSA, Udris & Rimann 1999) und der deutschen Version des Copenhagen Psychosocial Questionnaire (COPSOQ, Nübling et al. 2004) spezifisch für das Unternehmen erstellt. Inhalte des Fragebogens sind Stressoren (Unsicherheit, Arbeitsunterbrechungen, Zeitdruck, Quantitative Überforderung, Qualitative Überforderung, Mobbing), Ressourcen (Effektive Arbeitsorganisation, Mitarbeiterorientierter Gleitzeitabbau, Informationszugang, Rollenklarheit, Entscheidungsspielraum, Qualifikationspotential der Arbeit, Kooperation, soziale Unterstützung durch die Führungskraft, soziale Unterstützung durch Kollegen, mitarbeiterorientiertes Führungsverhalten) und Befinden (Work-Family-Conflict, Irritation, emotionale Erschöpfung, spezifische Beschwerden und ein Item zum subjektiv eingeschätzten Gesundheitszustand). Die Reliabilitäten (Cronbachs Alpha, $N=138-147$) der Skalen lagen zwischen .56 und .92 und lassen sich damit als ausreichend bis sehr gut beschreiben. Zur Bestimmung der Validität der Skalen wurden z. B. die Zusammenhänge zwischen Stressoren-/ Ressourcenskalen mit dem Befinden bestimmt. Der überwiegende Anteil der berechneten Korrelationen war signifikant ($N=140-147$, $p<.05$), dabei zeigte sich ein differenziertes Bild von kleinen bis großen Effektstärken. Insgesamt wird die Qualität der Skalen als zufrieden stellend beurteilt. Ergänzt wurden die Fragebogenskalen durch eine Checkliste, in der direkt nach der

Beeinträchtigung durch verschiedene Belastungsfaktoren gefragt wurde. Dadurch konnte ein Überblick über ein breites Spektrum an möglichen Beeinträchtigungsfaktoren gewonnen werden.

Die Tätigkeitsanalysen wurden an typischen Arbeitsplätzen mit dem Verfahren KABA (Kontrastive Aufgabenanalyse im Büro, Dunckel & Pleiss 2007) durchgeführt. Dabei werden acht Humankriterien beurteilt (Entscheidungsspielraum, Kommunikation, Zeitspielraum, Variabilität, Informationszugang, Körperliche Aktivität, Strukturierbarkeit, Belastungen). Die testtheoretischen Gütekriterien des Verfahrens weisen zufrieden stellende Werte auf (Dunckel 1999).

2.3 Beurteilung und Bearbeitung von Gefährdungen

Die Ergebnisse des Fragebogens und der Tätigkeitsanalysen wurden für jede Abteilung in einem schriftlichen Bericht zusammengefasst und Mitarbeitern und Führungskräften im Rahmen einer zweistündigen Veranstaltung präsentiert. Dabei wurde zusammenfassend eine Liste potentieller Gefährdungen dargestellt. Zu den potentiellen Gefährdungen zählen hoch ausgeprägte Stressoren, niedrig ausgeprägte Ressourcen und häufig zustimmend beurteilte Belastungsfaktoren im Fragebogen. Gefährdungen entsprechend der KABA-Analysen ergeben sich aus im Verfahren vorgegeben Grenzwerten bei den Humankriterien. Gefährdungen liegen dann vor, wenn die Grenzwerte nicht erreicht sind. Die Gefährdungsliste wurde im Unternehmen für jede Abteilung dokumentiert. Die Dringlichkeit des Gestaltungsbedarfs wurde von den Mitarbeitern über eine Bewertung und Prioritätensetzung hinsichtlich des Gefährdungspotenzials vorgenommen. Dadurch war es möglich, an für die Mitarbeiter zentralen Themen anzusetzen und so die Beteiligung im weiteren Prozess sicherzustellen.

Eine erste Bearbeitung der Gefährdungen erfolgte im Rahmen eines moderierten eintägigen Abteilungswrkschops, der im ersten Teil nur mit den Mitarbeitern und im zweiten Teil zusätzlich mit Führungskräften der Abteilung durchgeführt wurde. Bearbeitet wurden einzelne Gefährdungen, bei denen die Mitarbeiter hohen Gestaltungsbedarf wahrnahmen. Dabei wurden in Gruppenarbeit Ursachen für die Gefährdungen erarbeitet und Maßnahmen zur Reduzierung der Gefährdungen entwickelt. Abschließend wurde das weitere Vorgehen zur Bearbeitung der Gefährdungen besprochen, nachdem der Workshop nur einen ersten Auftakt darstellen kann. Empfohlen wird, Gesundheitsgefährdungen regelmäßig z. B. in Abteilungsbesprechungen zu thematisieren und Kapazitäten zur Verfügung zu stellen, um Maßnahmen zu erarbeiten, umzusetzen und zu evaluieren. Entsprechend der rechtlichen Vorschriften sind die durchgeführten Maßnahmen und die Ergebnisse ihrer Überprüfung dabei zu dokumentieren.

3. Evaluation, Diskussion und Ausblick

Das Verfahren zur Beurteilung des Gefährdungspotentials psychischer Belastungen wurde mit Hilfe von qualitativen und quantitativen Methoden evaluiert. In Workshops mit Vertretern der Arbeitsgruppe der Universität und des Unternehmens wurden Stärken und Schwächen des Verfahrens herausgearbeitet. Im Folgenden sind die wichtigsten Ergebnisse der Expertenbeurteilungen zusammengefasst:

- Die Kombination aus Fragebogen und Tätigkeitsanalysen ermöglicht eine gut fundierte Analyse der psychischen Belastungen in einer Abteilung.

- Die Ergebnisse der Tätigkeitsanalysen sind für die Mitarbeiter und Führungskräfte teils schwer verständlich und werden dadurch seltener weiter bearbeitet. Möglicherweise ist eine Konzentration auf einzelne Merkmale aus dem Verfahren KABA (insb. Regulationsbehinderungen) nutzbringender. Alternativ ist eine bessere Qualifizierung der Beschäftigten anzustreben.
- Neben den beiden Analysemethoden sind Informations- und Qualifikationsveranstaltungen, Ergebnispräsentationen und Workshops gute und wichtige Methoden, um die Mitarbeiter und Führungskräfte einzubeziehen und ein partizipatives Verfahren zu gestalten. Dadurch kann das Expertenwissen der Beteiligten genutzt und die Akzeptanz des Verfahrens gesteigert werden.
- Die Weiterführung des Projekts war in den einzelnen Abteilungen unterschiedlich erfolgreich und kann insgesamt noch optimiert werden. Wichtig erscheint es, in diesem Zusammenhang von Anfang an Aufgaben und Verantwortlichkeiten deutlich zu machen und die Abteilungen bei der eigenständigen Weiterführung zu begleiten. Die Prozessbegleitung ist entsprechend zu optimieren.

Mehrere Monate nach den Workshops wurden bei den beteiligten Mitarbeitern weitere Fragebögen eingesetzt, anhand derer genauer untersucht wurde, mit welchen Faktoren der Projekterfolg zusammenhängt. Die Ergebnisse zeigen, dass die Unterstützung des Projekts durch Führungskraft und Kollegen sowie das Gesundheitsklima in der Abteilung mit dem Projekterfolg korrelieren (Wilde et al. in Druck).

Die gewonnenen Erfahrungen mit dem Verfahren der Gefährdungsbeurteilung psychischer Belastungen fließen aktuell in das Projekt PARGEMA ein. Dabei sollen Gefährdungsbeurteilungen auf neue psychische Belastungen und spezielle psychische Belastungen bei Führungskräften ausgeweitet werden.

4. Literatur

1. Ahlers, E. & Brüssig, M. 2005, Gefährdungsbeurteilungen in der betrieblichen Praxis, WSI-Mitteilungen, 9, 517-523.
2. Dunckel, H. & Pleiss, C. 1993, Kontrastive Aufgabenanalyse. Zürich: vdf.
3. Dunckel, H. 1999, Der Leitfaden zur Kontrastiven Aufgabenanalyse (KABA). In: H. Dunckel (Hrsg.), Handbuch psychologischer Arbeitsanalyseverfahren. Zürich: vdf, 231 - 254.
4. Jansen, R. 2000, Arbeitsbelastungen und Arbeitsbedingungen. In: B. Badura, M. Litsch & C. Vetter (Hrsg.), Fehlzeiten-Report 1999. Berlin: Springer-Verlag, 5-30.
5. Nübling, M., Stöbel, U., Hasselhorn, H.-M., Michaelis, M. & Hofmann, F. 2004, Mitarbeiterbefragungen zu psychosozialen Belastungen in Betrieben – das Befragungsinstrument COPSOQ. In: F. Hofmann, G. Reschauer & U. Stöbel (Hrsg.), Arbeitsmedizin im Gesundheitsdienst, Band 17. Freiburg: Edition FFAS, 227-241.
6. Resch, M.E. 2003, Analyse psychischer Belastung. Göttingen: Huber.
7. Semmer, N., Zapf, D. & Dunckel, H. 1999, Instrument zur Stressbezogenen Tätigkeitsanalyse (ISTA). In: H. Dunckel (Hrsg.), Handbuch psychologischer Arbeitsanalyseverfahren. Zürich: vdf, 179 – 204.
8. Udris, I. & Rimann, M. 1999, SAA und SALSA: Zwei Fragebögen zur subjektiven Arbeitsanalyse. In: H. Dunckel (Hrsg.), Handbuch psychologischer Arbeitsanalyseverfahren. Zürich: vdf, 397-419.
9. Wilde, B., Hinrichs, S. & Schüpbach, H. in Druck, Der Einfluss von Führungskräften und Kollegen auf die Gesundheit der Beschäftigten – Zwei empirische Untersuchungen in einem Industrieunternehmen, Wirtschaftspsychologie.

Der Beitrag wurde im Rahmen des Projekts PARGEMA (Partizipatives Gesundheitsmanagement; Projektförderer: BMBF, Projektträger: DLR) verfasst.

Gesundheitsprävention in Kleinbetrieben durch Coaching

Birgit WEBER und Lutz PACKEBUSCH und Sascha RÜLICHE

*Institut für Arbeitssystemgestaltung und Personalmanagement (IAP),
Hochschule Niederrhein,
Bolksbuscher Str. 61, D-41239 Mönchengladbach*

Kurzfassung: Gerade für kleine und mittelständisch geprägte Unternehmen (KMU), mit ihrer starken Abhängigkeit von der Ressource Arbeitskraft, hat die Investition in eine betriebliche Gesundheitspolitik eine sehr große Bedeutung. Bei der Entwicklung und Umsetzung von Arbeitsschutz- und Gesundheitsmaßnahmen wurden die Betriebe im Rahmen des Projekts "Unternehmensgewinn durch betriebliche Gesundheitspolitik" durch ein Coaching im Sinne einer Prozessberatung unterstützt.

Schlüsselwörter: betriebliche Gesundheitskultur, leitfadenbasiertes Coaching, Personal- und Organisationsentwicklung, Unternehmenskultur.

1. Einleitung

Für KMU, deren Beschäftigte die wichtigste Ressource darstellen, kann eine Investition in eine betriebliche Gesundheitspolitik einen positiven Beitrag zum Unternehmenserfolg leisten.

Auslöser für die Konzentration auf die Zielgruppe Dachdecker waren die hohen Belastungen in diesem Gewerk und die Auswirkungen des demographischen Wandels. Die Dachdecker haben mit 5,7 % den zweithöchsten Krankenstand im Bauhandwerk bei gleichzeitig steigendem Anteil älterer Arbeitnehmer. Hier ist eine deutliche Zunahme in der Alterskohorte der 40-49-Jährigen von 13,8 % (1997) auf 24,1 % (2005) bei gleichzeitigem Rückgang in der Alterskohorte der 20-29-Jährigen von 35,2 % (1997) auf 28,5 % (2005) zu verzeichnen (IKK Bundesverband 2006).

In dem Projekt „Unternehmensgewinn durch betriebliche Gesundheitspolitik - Coachingkonzepte im Dachdeckerhandwerk“, vom Bundesministerium für Arbeit (BMA) gefördert und von der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) fachlich begleitet wurde, sind Unternehmen bei der Entwicklung und Umsetzung von betrieblichen Lösungsansätzen und Strategien unterstützt worden. Ziel war die Integration einer mitarbeiterorientierten Arbeits- und Gesundheitskultur in die vorhandenen Prozessabläufe und die Organisation, um die Sicherheit und Gesundheit aller im Unternehmen Beschäftigten zu verbessern.

2. Methode

Zu Beginn des Projekts wurden zwei eintägige Workshops zur Sensibilisierung und Qualifizierung der Führungsebenen hinsichtlich der Bedeutung von ganzheitlichen Maßnahmen der Sicherheit und Gesundheit zur Reduzierung arbeitsbedingter Erkrankungen mit Unterstützung der IKK Nordrhein und der Regionaldirektion Niederrhein durchgeführt. Aus diesen Workshops heraus haben sich die Betriebe für das Betriebscoaching entschieden.

Im Gegensatz zur Fachberatung oder dem Einzel-Coaching ist von den Autoren mit Coaching eine Prozessberatung gemeint, bei der der Coach als Prozessberater die Beteiligten bei der Identifikation und Lösung der zum Problem führenden Prozesse unterstützt (Hilfe zur Selbsthilfe als Zielsetzung) (Packebusch & Weber 2005). Coaching dient hier zur Unterstützung der Prävention.

Auf der betrieblichen Ebene wurde nach einer gemeinsamen Zielexplication mit der Führungsebene der Ist-Zustand erhoben. In Anlehnung an Verfahren der Arbeits- und Organisationspsychologie wurden in den Betrieben die Prozessabläufe prozessorientiert analysiert sowie Verfahren zur psychologischen und arbeitswissenschaftlichen Tätigkeitsanalyse und –bewertung eingesetzt. Die Analysen wurden mithilfe von Fragebögen (z.B. KFZA von Prümper et al. 1995, SABUR von Elke & Venjakob 2002), strukturierten Interviews und leitfadengestützten Tätigkeitsanalysen durchgeführt.

In daran anschließenden betriebsinternen Workshops wurden die Analyseergebnisse vorgestellt und durch die Beteiligten ergänzt. Danach wurden gemeinsam mit der Führungsebene und den Beschäftigten Maßnahmen zur Belastungsreduktion entwickelt, individuell auf die betrieblichen Belange angepasst und auf der Grundlage eines Arbeitsplanes umgesetzt. Bei der Identifizierung und Lösung der zum Problem führenden Prozesse wurden die Beteiligten gecoacht.

Eine Wirksamkeitsprüfung in Form einer zweiten Messung und die Rückmeldung der Ergebnisse auf einem weiteren Workshop bildeten die Grundlage für weitere Schritte.

I

3. Ergebnisse

Ein Kurzrating des betrieblichen Arbeitsschutzmanagements in der Vergangenheit vor der Intervention ergab, dass im Arbeitsschutz v.a. Maßnahmen im Bereich der Technik (Aufzüge, Hebebühnen und Kräne zur Unterstützung der Lastenhandhabung) und der persönlichen Schutzausrüstung ergriffen wurden. Die Führungsebenen sehen mittlerweile im Arbeitsschutz einen präventiven Weg zur Stärkung der Ressourcen ihrer Mitarbeiter durch Reduktion von physischen Belastungen.

Die Ergebnisse aus den Befragungen, kriteriengeleiteten Interviews und den auf den Baustellen durchgeführten Tätigkeitsanalysen ergaben bei den Beschäftigten, dass

- die Bewertung ihrer Arbeitstätigkeiten z.B. in den Bereichen Zusammenarbeit, Vielseitigkeit, Ganzheitlichkeit, soziale Rückendeckung im Vergleich zu anderen Untersuchungen (Prümper et al. 1995) deutlich positiver ausfielen;
- sie ihren Handlungsspielraum geringer bewerteten als in der Vergleichsstichprobe;
- sie v.a. den herrschenden Zeitdruck und Probleme in der unmittelbaren Arbeitsorganisation als belastend empfanden.

Die Inhaber bewerteten ihre Arbeitstätigkeit im Fragebogen zur systemischen Analyse von Belastungen und Ressourcen (SABUR, Elke & Venjakob 2002) und in den Interviews

- positiv im Hinblick auf die Verantwortung, selbständige Einteilung und Planung der Arbeit, das Betriebsklima und die Zusammenarbeit;
- negativ im Hinblick auf die Arbeitszeit, Menge der Arbeit, Störungen und Unterbrechungen, Zeitdruck und Planungsungewissheit aufgrund der Witterungsbedingungen.

Diese Belastungen gehen mit ersten Gesundheitsbeschwerden (Durchschlafschwierigkeiten, Müdigkeit, Zerschlagenheit) einher.

Die Schwerpunkte der umgesetzten Lösungsansätze zur Reduzierung der Belastungen lagen daher bei Verbesserungen in der Arbeitsorganisation und Arbeitsgestaltung in den einzelnen Betrieben (Weber et al. 2005, 2007a):

- Bei den Inhabern auf der Stressreduzierung durch eine Verbesserung des Selbstmanagements (Zeitmanagement, Delegation), der Arbeitsorganisation (Aufgabenoptimierung, Verbesserung der Arbeitsabläufe) und des Führungsverhaltens (Motivation der Mitarbeiter, bessere Kommunikation).
- Bei den Mitarbeitern auf der Reduzierung von physischen und v.a. psychischen Belastungen (Zeitdruck, Probleme in der unmittelbaren Arbeitsorganisation) durch Tätigkeitswechsel, Optimierung der Baustellenvorbereitung, Verbesserung des Informationsflusses, Umgang mit Reklamationen.

In den durchgeführten Wirksamkeitsprüfungen der Maßnahmenumsetzung zeigten sich v.a. Verbesserungen bei den Mitarbeitern im Hinblick auf eine Verbesserung der Information und Mitsprache sowie einer Erhöhung des Handlungsspielraums, die eine große Ressource im Sinne von Stressvermeidung darstellt.

Die folgende Abbildung stellt die Erhebung in einem Betrieb mit 5 Mitarbeitern dar, die alle an der Coachingmaßnahme teilgenommen haben.

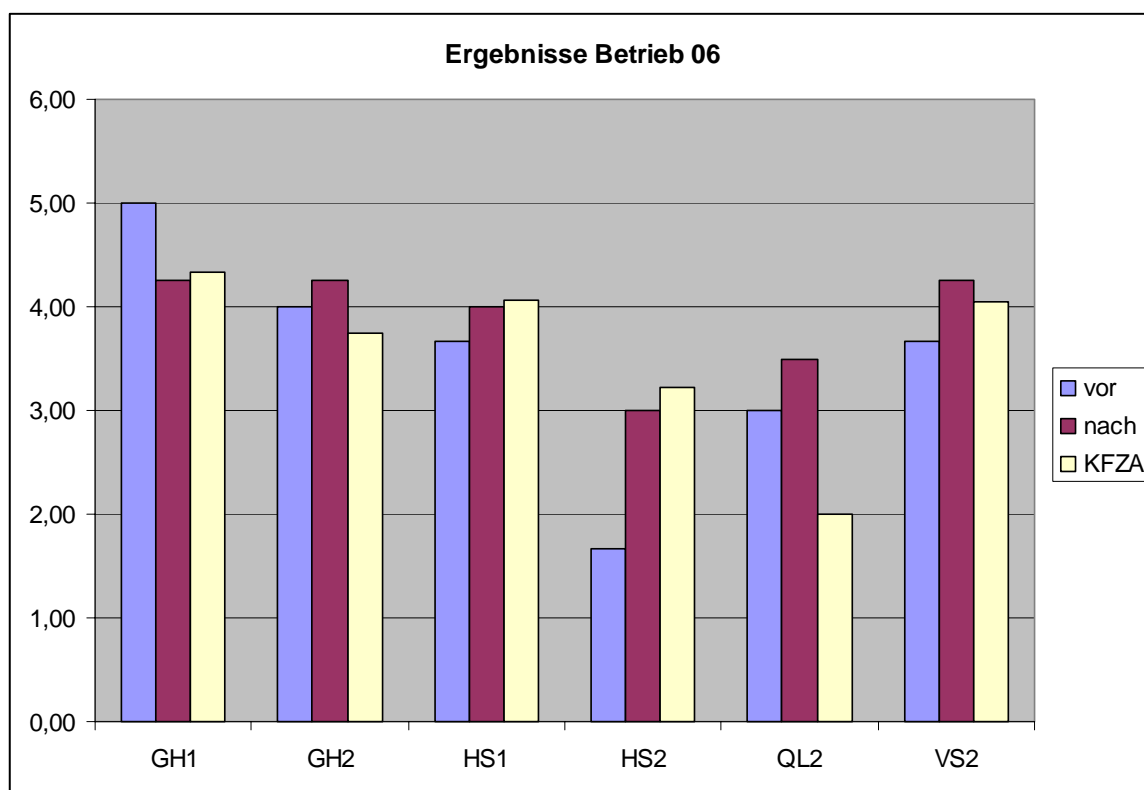


Abbildung 1: Darstellung der Ergebnisse des KFZA aus einem Betrieb mit 5 Mitarbeitern, der im Rahmen des Coaching betreut wurde. Die Dimensionen sind Ganzheitlichkeit (GH), Handlungsspielraum (HS), Qualitative Arbeitsbelastung (QL) und Vielseitigkeit (VS). Vergleich zu den Normwerten des KFZA

Die Ergebnisse des Projekts zeigen vielfältige Ansatzpunkte für eine erfolgreiche Umsetzung von individuellen auf die betrieblichen Belange zugeschnittenen Maßnahmen im Bereich der betrieblichen Gesundheitspolitik für kleine und mittlere Unternehmen. Besonders der Aspekt der Begleitung der Inhaber im Rahmen eines

Coachings und die in den Maßnahmenworkshops gewählte mitarbeiterorientierte und zielbezogene Herangehensweise führte dazu, dass die Mitarbeiter sich engagiert an der Problemlösung beteiligten.

Gerade vor dem Hintergrund alternder Belegschaften bedarf es vermehrter Anstrengungen im Bereich Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Arbeit, um die Leistungsfähigkeit der Mitarbeiter/-innen zu erhalten und die betriebliche Effizienz zu gewährleisten.

Auf der Grundlage der in den Betrieben durchgeführten Coachings entstand eine Handlungshilfe, die die Ergebnisse (Maßnahmen und Lösungsansätze) in Form von Vorgehensweisen, Verfahren und Checklisten für kleine und mittlere Unternehmen (KMU) praktisch anwendbar und nutzbar macht. Die Handlungshilfe orientiert sich dabei an der Vorgehensweise des leitfadenbasierten Coachingskonzepts (Weber et al. 2007b).

4. Literatur

1. Elke, G. & Venjakob, N. 2002, Systemische Analyse stressrelevanter Belastungen und Ressourcen (SABUR). Bochum: Ruhr-Universität.
2. IKK Bundesverband 2006, IKK-Bericht 2006, Arbeit und Gesundheit im Handwerk. Bergisch Gladbach: IKK-Bundesverband.
3. Packebusch, L. & Weber, B. 2005, Belastungsorientiertes Coaching in Kleinbetrieben. In: M. Schmitz-Buhl (Hrsg.), Coaching und Supervision: Kompetenzen nutzen – Synergien fördern 2005. Heidelberg: R. v. Decker Verlag, 137-141.
4. Prümper, J., Hartmannsgruber, K. & Frese, M. 1995, Kurzfragebogen zur Arbeitsanalyse (KFZA), Zeitschrift für Arbeits- und Organisationspsychologie, 39, 125 – 132.
5. Weber, B., Rülcke, S. & Packebusch, L. 2005, Handwerker - arbeiten, um zu leben, oder leben, um zu arbeiten ?, Wirtschaftspsychologie aktuell, 4/2005, 37 – 40.
6. Weber, B., Rülcke, S. & Packebusch, L. 2007a, Unternehmensgewinn durch Prävention. In: P. Bärenz, A.-M. Metz & H.-J. Rothe (Hrsg.), Psychologie der Arbeitssicherheit und Gesundheit - Arbeitsschutz, Gesundheit und Wirtschaftlichkeit. Kröning: Asanger, 73-76.
7. Weber, B., Rülcke, S. & Packebusch, L. 2007b, Gesunde Menschen – Gesundes Handwerk, Handlungshilfe und Coachingleitfaden. Lengerich: Pabst Science Publishers.

Prädiktoren der Eingliederung in das Erwerbsleben von Rehabilitanden nach Umschulung in Berufsförderungswerken

Wolfgang SLESINA, Torsten KÖSTER, Manuela FEHR, Bianca NEUPERT, Christiane PATZELT und Dirk RENNERT

*Sektion Medizinische Soziologie, Universität Halle-Wittenberg,
Harz 42a, D-06197 Halle/Saale*

Kurzfassung: Die Studie erstellte ein Prognosemodell zur beruflichen Wiedereingliederung von Rehabilitanden nach zweijähriger Umschulung. Als wesentliche Prädiktoren ergaben sich: Arbeitsmarktstruktur, Kontrollüberzeugung, Art des Schulabschlusses, Schmerzbelastung, Umschulungsberuf und soziale Unterstützung.

Schlüsselwörter: Umschulung, Berufsförderungswerke, berufliche Integration, Prognosemodell.

1. Hintergrund und Fragestellung

Maßnahmen zur Teilhabe am Arbeitsleben (SGB IX) umfassen u.a. Umschulungen in Berufsförderungswerken (BFW) für Menschen, die aufgrund einer Erkrankung/Behinderung zu einer beruflichen Umorientierung gezwungen sind und hierfür der besonderen Hilfen eines BFW bedürfen (VDR 1997). Bislang konnten vor allem soziodemographische und arbeitsmarktbezogene Variablen, aber auch GdB und Ausbildungsberuf als Prädiktoren für die berufliche Wiedereingliederung umgeschulter Rehabilitanden identifiziert werden (Beiderwieden 2001). Die vorliegende Studie zur Qualität beruflicher Reha-Maßnahmen untersuchte ein breites Merkmalsbündel als mögliche Prädiktoren der Integration in das Erwerbsleben zum Zeitpunkt 12 Monate nach Umschulungsende.

2. Methodik

Aus drei Berufsförderungswerken (alte und neue Bundesländer) wurden die Rehabilitanden einbezogen, die im Sommer 2003 eine stationäre zweijährige Umschulung begonnen haben. Die Daten der schriftlichen Rehabilitandenbefragungen liegen für T1 (Reha-Beginn) von $n=380$ und für T5 (1 Jahr nach Umschulungsende) von $n=192$ Rehabilitanden vor; 65 Teilnehmer waren bis Umschulungsende aus der laufenden Maßnahme ausgeschieden (17,1%). Die Prüfung zahlreicher Variablen ergab für die T5-Teilnehmer im Vergleich zu den T5-Nonrespondern (ohne Abbrecher): mehr ältere Rehabilitanden (>40 Jahre; $p=.001$), eine durchschnittlich günstigere subjektive Gesundheit ($p=.035$), mehr Verheiratete ($p<.001$) und weniger Alleinlebende ($p=.008$; χ^2 -Test). Wie ferner aus der Verlaufsbefragung der Rehabilitanden und zusätzlichen Recherchen hervor geht, unterscheiden sich die Responder und Nonresponder zum Zeitpunkt 12 Monate nach Umschulung (T5) in der Erwerbstätigkeitsquote nicht signifikant.

Prädiziert wurde die Erwerbslosigkeit zum Zeitpunkt ein Jahr nach Maßnahmeneende anhand von Merkmalen der T1-Befragung (Reha-Beginn) mit der logistischen Re-

gression. Bei der Variablenselektion richtete sich die Vorgehensweise nach dem Algorithmus von Muche et al. (2005). Indizes der Anpassungs- und Prognosegüte liegen für das endgültige Modell vor, interne Validierungsverfahren wurden durchgeführt.

3. Ergebnisse

3.1 Berufliche Wiedereingliederung im Jahr nach Umschulung

Innerhalb des Zeitraums 1 Jahr nach Umschulungsende waren 67,6% der Absolventen zumindest zeitweilig einmal erwerbstätig. Zum Zeitpunkt 12 Monate nach Umschulung standen 55,2% (n=105) der Umschulungsabsolventen in einem sozialversicherungspflichtigen Arbeitsverhältnis oder waren selbstständig. Dabei handelte es sich mehrheitlich um Vollzeit-Arbeitsstellen (57,5%) und um unbefristete Arbeitsverhältnisse (58,5%). Die ausgeübte Tätigkeit entsprach bei 58,5% der erwerbstätigen Absolventen dem Ausbildungsberuf. Die Mehrzahl der Erwerbstätigen konnte in ihrer neuen Arbeit „einiges“ bis „sehr viel“ von den in ihrer Ausbildung erworbenen Kenntnissen verwerten.

Diejenigen, die 12 Monate nach Umschulungsende keine Erwerbsarbeit aufgenommen hatten (39,6%) oder nur geringfügig beschäftigt bzw. in einer Arbeitsbeschaffungsmaßnahme waren (5,2%), schätzten ihre Chancen, in der Zukunft einen Arbeitsplatz zu finden, zu 86,8% als „schlecht“ oder „sehr schlecht“ ein. Ein Teil dieser Erwerbslosen hatte bereits einen Antrag auf Erwerbs- oder Berufsunfähigkeitsrente gestellt (11,8%) oder trug sich mit dieser Absicht (5,3%).

3.2 Prognosemodell zur Erwerbslosigkeit 12 Monate nach Umschulung

Ziel war es, anhand der Daten der Rehabilitandenbefragung zu Beginn der Umschulung (T1) ein Prognosemodell über ihre künftige berufliche Eingliederung bzw. Erwerbslosigkeit zum Zeitpunkt 1 Jahr nach Umschulungsende zu berechnen. Die Modellentwicklung erfolgte in mehreren Schritten.

Nach Prüfung des univariaten Prognosewerts von 17 zu T1 erhobenen Merkmalen gingen 10 Variablen in die Berechnung des Prognosemodells ein; zu den Variablen, die bei der univariaten Prüfung nicht das Signifikanzniveau von $p \leq .3$ erreichten, zählten u.a.: der Familienstatus (Form des Zusammenlebens, Anzahl der Kinder), der Grad der Behinderung, die Art der gesundheitlichen Einschränkung, der ursprüngliche Beruf und die Identifikation mit dem Umschulungsberuf. Mittels Backward-Selektion wurden bei einem vorgegebenen Signifikanzniveau von $p < .05$ nacheinander die Merkmale Geschlecht ($p = .785$), Wohn- und Lebenssituation (Unterbringung im Internat des BFW oder tägliches Pendeln zwischen Wohnung und BFW; $p = .347$) und das Alter ($p = .115$) aus dem Prognosemodell ausgeschlossen, so dass sieben Variablen in die endgültige Regressionsrechnung eingingen.

Die stärksten Effekte gehen vom regionalen Arbeitsmarkt aus. Rehabilitanden, deren Wohnort sich in einer strukturschwachen Arbeitsmarktregion befindet, haben ein durchschnittlich 15,1-fach erhöhtes Risiko, ein Jahr nach Umschulungsende erwerbslos zu sein, im Vergleich zu Rehabilitanden, die in einer strukturstarken Arbeitsmarktregion wohnhaft sind (s. Blien & Hirschenauer 2005) (Tabelle 1).

Auch die interne Kontrollüberzeugung bildet ein wichtiges Prognosemerkmal: je geringer sie ausgeprägt ist, desto höher das Risiko, ein Jahr nach Umschulungsende

erwerbslos zu sein. Dabei steigt das Risiko pro Skalenstufe um das ca. 2,6-fache.

Tabelle 1: Prognosemodell zum Risiko der Erwerbslosigkeit ($p < .05$) ein Jahr nach Umschulungsende in BFW (Erläuterung: Variablensortierung nach p -Wert; OR = Odds ratio; KI = Konfidenzintervall nach Wald; unter Deskription sind relative Häufigkeiten bzw. der Median abgetragen; Intercept = -6,43)

Variable	Ausprägung	Deskription	OR	(95%KI)
Arbeitsmarktsituationen am Wohnort ($p < .001$)	strukturstark strukturellschwach	49% 51%	1 15,1	(5,06-45,22)
internale Kontrollüberzeugung ($p = .013$)	1=hoch bis 5=gering	2,3	2,55	(1,22-5,31)
Schulabschluss ($p = .017$)	Realschulabschluss höchstens Hauptschulabschluss (Fach-)Hochschulreife	56% 36% 8%	1 2,97 9,07	(1,01-8,72) (1,86-44,31)
gesundheitliche Beschwerden durch Schmerzen ($p = .022$)	0-8 Beschwerden	0	1,29	(1,04-1,59)
Umschulungsberuf ($p = .030$)	Fertigungsberuf Dienstleistungsberuf sonstiger (v.a. technischer) Beruf	31% 54% 15%	1 3,09 1,59	(1,32-7,25) (0,47-5,37)
allgemeine soziale Unterstützung ($p = 0.048$)	1=hoch bis 5=gering	3,0	1,66	(1,00-2,78)
Erwerbsstatus vor Maßnahmebeginn ($p = 0.113$)	erwerbstätig nicht erwerbstätig	36% 64%	1 0,50	(0,21-1,18)

Als weiterer relevanter Prädiktor erweist sich der Schulabschluss: Rehabilitanden, die höchstens über einen Hauptschulabschluss verfügen, weisen ein ca. 3-fach erhöhtes Risiko der Erwerbslosigkeit zu T5 auf als jene mit Realschulabschluss. Zudem ist bei Probanden, die über einen (Fach-)Hochschulabschluss verfügen, das Risiko der Erwerbslosigkeit 12 Monate nach Reha-Ende 9mal höher als bei Rehabilitanden mit Realschulabschluss.

Je mehr gesundheitliche Beschwerden durch Schmerzen (erfasst mit der NHP-Skala „Schmerz“) berichtet wurden, desto höher ist das Risiko der Erwerbslosigkeit ein Jahr nach Umschulung. Es steigt pro markiertem Item um das ca. 1,3-fache. Dies bedeutet z.B., dass Rehabilitanden, die vier der acht Items dieser Skala mit „ja“ beantwortet haben, im Vergleich zu jenen, die keines der acht Items mit „ja“ beantworteten, ein durchschnittlich ca. 2,8-fach erhöhtes Risiko der Erwerbslosigkeit zu T5 aufweisen.

Das fünfte signifikante Prognosemerkmal ist der Umschulungsberuf. Maßnahmeteilnehmer, die einen Dienstleistungsberuf erlernt haben, weisen gegenüber jenen, die in einem Fertigungsberuf ausgebildet wurden, ein durchschnittlich 3-fach erhöhtes Risiko der Erwerbslosigkeit zu T5 auf.

Ferner bildet eine geringe soziale Unterstützung ein Risiko für Erwerbslosigkeit: pro Skalenstufe erhöht sich das Risiko um das ca. 1,7-fache.

Mithilfe dieses logistischen Regressionsmodells können 77% der ein Jahr nach Umschulungsende Erwerbslosen (Sensitivität) und 77% der Erwerbstätigen (Spezifität) richtig zugeordnet werden ($AUC = .83$). Dies spricht für eine hohe Prognosegüte

des Modells, die nach Durchführung verschiedener Validierungsverfahren (Kreuzvalidierung, Bootstrap-Verfahren) nicht überoptimistisch erscheint. Gleichwohl bedarf das Modell weiterer Validierungen an externen Stichproben. Der Hosmer-Lemeshow-Test weist auf kein Anpassungsproblem des Modells an die Daten hin ($p=.62$).

4. Diskussion und Schlussfolgerung

Wie das Studienergebnis zeigt, kann die Integration in das Erwerbsleben zum Zeitpunkt ein Jahr nach Maßnahmeende bereits zu Beginn einer Umschulung in BFW sehr gut vorhergesagt werden. Ein Set von arbeitsmarktbezogenen, psychologischen, gesundheitlichen, soziodemographischen und sozialen Merkmalen erwies sich für die erfolgreiche Wiedereingliederung bzw. die Erwerbslosigkeit als bedeutsam. Im Vergleich zu den von Beiderwieden (2001) gefundenen Prädiktoren für die berufliche Wiedereingliederung von beruflichen Rehabilitanden nach Umschulung in Berufsförderungswerken (s. auch Tews et al. 2003) zeigen sich einige Unterschiede, aber auch Gemeinsamkeiten. So ergab auch die eigene Studie für die Merkmale Umschulungsberuf und regionaler Arbeitsmarkt am Wohnort des Rehabilitanden einen bedeutsamen Prognosewert. Hingegen traten die in der Untersuchung von Beiderwieden wichtigen Prädiktoren Alter, Geschlecht, Form des Zusammenlebens und Grad der Behinderung in unserem Prognosemodell in ihrem Einfluss hinter andere Variablen zurück. Andere Faktoren, die in bisherigen Untersuchungen nicht untersucht wurden, insbesondere interne Kontrollüberzeugungen, soziale Unterstützung und Schmerzbelastung, zeigten dagegen einen hohen Prognosewert für die Wiedereingliederung (Köster et al. 2007).

Für die Berufsförderungswerke können sich aus den Ergebnissen – nach Durchführung externer Validierungen des Modells – ergänzend zu ihren bereits bestehenden intensiven Aktivitäten noch weitere Ansatzpunkte für eine gezielte Förderung von Teilnehmern an Umschulungsmaßnahmen bereits in einer frühen Phase der Ausbildung ergeben.

5. Literatur

1. Beiderwieden, K. 2001, Langfristige Wiedereingliederung nach der beruflichen Rehabilitation, Mitteilungen aus der Arbeitsmarkt- und Berufsforschung, 34, 182-206.
2. Blien, U. & Hirschenauer, F. 2005, Regionale Arbeitsmärkte. Welche Arbeitsagenturen sind vergleichbar ?, IAB-Kurzbericht, Nr. 18/14.10.2005.
3. Köster, T., Fehr, M., Slesina, W. 2007, Zur Eingliederung von Rehabilitanden in das Erwerbsleben nach Umschulung in Berufsförderungswerken – ein Prognosemodell, Die Rehabilitation, 46, 258-265.
4. Muche, R., Ring, C. & Ziegler, C. 2005, Entwicklung und Validierung von Prognosemodellen auf Basis der logistischen Regression. Aachen: Shaker.
5. Tews, H.P., Schreiber, W.K. & Schott, J. 2003, Berufliche Rehabilitation in Berufsförderungswerken und Ergebnisse der Berufsförderungswerk Heidelberg gGmbH, Die Rehabilitation, 42, 36-44.
6. Verband Deutscher Rentenversicherungsträger (Hrsg.) 1997, Abschlussbericht der Reha-Kommission-Berufsförderung des Verbandes Deutscher Rentenversicherungsträger, DRV-Schriften, Band 7. Frankfurt/am Main:VDR.

Die Studie wurde gemeinsam vom Verein Regionale Rehabilitationsforschung in Mecklenburg-Vorpommern und Sachsen-Anhalt e.V. sowie von der Deutschen Rentenversicherung Bund gefördert. Wir danken den drei Berufsförderungswerken und ihren Mitarbeitern/innen für die hervorragende Zusammenarbeit.

Berufliche Wiedereingliederung von Teilnehmern der innerbetrieblichen Rehabilitation. Ein Prognosemodell

Dirk RENNERT, Bianka NEUPERT und Wolfgang SLESINA

*Sektion Medizinische Soziologie, Universität Halle-Wittenberg,
Harz 42a, D-06197 Halle/Saale*

Kurzfassung: Die Studie entwickelte ein Modell zur Prognose der beruflichen Wiedereingliederung von Rehabilitanden nach zweijähriger beruflicher Umschulung (duales System). Als wesentliche Prädiktoren wurden gefunden: Umschulungsgrund, regionale Arbeitsmarktsituation, Jahre der Erwerbstätigkeit seit 1990 (altersadjustiert), gesundheitliche Belastung durch Schlafstörungen, ferner soziale Unterstützung.

Schlüsselwörter: berufliche Rehabilitation, duales System, berufliche Integration, Prognosemodell.

1. Hintergrund und Fragestellung

Maßnahmen zur Teilhabe am Arbeitsleben (SGB IX) umfassen u.a. innerbetriebliche, wohnortnahe Umschulungen nach dem Prinzip des dualen Systems für Menschen, die aufgrund einer Erkrankung/Behinderung zu einer beruflichen Umorientierung gezwungen sind (VDR 1997). Bislang liegen noch keine Prognosemodelle zur Wiedereingliederung nach innerbetrieblicher Umschulung von Rehabilitanden vor. In Prognosemodellen zur außerbetrieblichen Umschulung wurden bisher soziodemographische und arbeitsmarktbezogene Variablen, aber auch GdB und Umschulungsberuf als Prädiktoren für die berufliche Wiedereingliederung umgeschulter Rehabilitanden identifiziert (Beiderwieden 2001). Die vorliegende Studie zur Qualität beruflicher Reha-Maßnahmen untersuchte ein breites Merkmalsbündel als mögliche Prädiktoren der Integration in das Erwerbsleben zum Zeitpunkt 12 Monate nach innerbetrieblicher, wohnortnaher Umschulung.

2. Methodik

Von zwei freien Bildungsträgern und den Außenstellen zweier Berufsförderungswerken (alte und neue Bundesländer) wurden die Rehabilitanden einbezogen, die im Sommer 2003 bzw. Frühjahr 2004 eine zweijährige Umschulung begonnen haben. Die Daten der schriftlichen Rehabilitandenbefragung liegen für T1 (Reha-Beginn) von $n=352$ und für T5 (1 Jahr nach Umschulungsende) von $n=183$ Rehabilitanden vor; 53 Teilnehmer waren bis Umschulungsende aus der laufenden Maßnahme ausgeschieden (15,1%).

Die Prüfung zahlreicher Variablen ergab für die T5-Teilnehmer im Vergleich zu den T5-Nonrespondern (ohne Abbrecher): einen höheren Schulabschluss ($\chi^2=23,34$, $p<.001$), mehr ältere Rehabilitanden ($\chi^2=6,66$, $p=.036$), häufiger eine Hauterkrankung als hauptsächliches Leiden ($\chi^2=6,05$, $p=.049$), seltener Teilnahme an einem Vorförderlehrgang ($\chi^2=7,31$, $p=.007$), seltener selbstinitiierte Umschulungsteilnahme ($\chi^2=7,52$, $p=.006$). Wie aus der Verlaufsbefragung der Rehabilitanden und aus zusätzlichen Recherchen hervor geht, unterscheiden sich die Responder und Non-

responder zum Zeitpunkt 12 Monate nach Umschulung in ihrer Erwerbstätigkeitsquote nicht signifikant.

Prädiziert wurde die Erwerbslosigkeit zum Zeitpunkt ein Jahr nach Maßnahmenende anhand von Merkmalen der T1-Befragung (Reha-Beginn) mit der logistischen Regression. Bei der Variablenselektion richtete sich die Vorgehensweise nach dem Algorithmus von Muche et al. (2005). Indizes der Anpassungs- und Prognosegüte liegen für das endgültige Modell vor, interne Validierungsverfahren wurden durchgeführt.

3. Ergebnisse

3.1 Berufliche Wiedereingliederung im Jahr nach Umschulung

Zum Zeitpunkt ein Jahr nach Ende der innerbetrieblichen, wohnortnahen Umschulung waren 55,2% (n= 101) der Rehabilitanden erwerbstätig (sozialversicherungspflichtig beschäftigt oder selbstständig) und 44,8% erwerbslos (n= 82). Betrachtet man die Wiedereingliederungsquote im Zeitraum von Umschulungsende bis ein Jahr danach, so waren in dieser Zeitspanne 66,7% der Absolventen zumindest zeitweilig erwerbstätig. Unmittelbar vor Beginn der Maßnahme standen 20,6% in einem Erwerbsverhältnis.

Eine unbefristete Tätigkeit zum Zeitpunkt T5 übten 67,4% der wiedereingliederten Rehabilitanden aus, während 32,6% sich in einer befristeten Anstellung befanden. 81% der zu T5 Erwerbstätigen hatten eine Vollzeitstelle und 19% eine Teilzeitstelle inne.

37,6% der Erwerbstätigen (T5) gaben an, in dem Betrieb tätig zu sein, in dem sie ihre Umschulung absolvierten. Dagegen haben 46,5% (T5) eine Tätigkeit in einem anderen Betrieb gefunden. Die berufliche Tätigkeit entsprach bei 65,3% der Erwerbstätigen dem in der Umschulung erlernten Beruf.

Für die zu T5 erwerbstätigen Absolventen lassen sich des Weiteren folgende Aussagen treffen: 77,2% konnten einiges bis sehr viel von ihrem Umschulungswissen an ihrem neuen Arbeitsplatz verwenden. 74,3% waren mit ihrer Arbeit zufrieden oder sehr zufrieden.

3.2 Prognosemodell zur Erwerbslosigkeit 12 Monate nach Umschulung

Ziel war es, anhand der bei Umschulungsbeginn (T1) erhobenen Daten der Rehabilitandenbefragung ein Prognosemodell über die künftige berufliche Eingliederung bzw. Erwerbslosigkeit der Maßnahmeteilnehmer zum Zeitpunkt 1 Jahr nach Umschulungsende zu berechnen. Die Modellentwicklung erfolgte in mehreren Schritten.

Nach Prüfung des univariaten Prognosewerts von 23 zu T1 erhobenen Merkmalen gingen 10 Variablen in die Berechnung des Prognosemodells ein; zu den Variablen, die in der univariaten Analyse nicht das geforderte Signifikanzniveau von $p \leq .3$ erreichten, zählten u.a.: das Alter, das Geschlecht, die Form des Zusammenlebens, der Grad der Behinderung, die Art der gesundheitlichen Einschränkung und der ursprünglich erlernte Beruf. In der anschließenden multivariaten Analyse wurden mittels Backward-Selektion nacheinander die Merkmale NHP-Skala „Emotionale Reaktionen“ ($p=.916$), interne Kontrollüberzeugung ($p=.778$), Besitz eines Führerscheins ($p=.469$) und Reha-Motivation ($p=.157$) aus dem Prognosemodell ausgeschlossen. Sechs Merkmale verblieben im endgültigen Prognosemodell (Tab. 1). Das Modell

wurde für den Erwerbsstatus ($p = .389$) unmittelbar vor Maßnahmebeginn adjustiert.

Tabelle 1: Prognosemodell zum Risiko der Erwerbslosigkeit 12 Monate nach Umschulungsende bei innerbetrieblicher Umschulung ($p < .05$). Reihenfolge der Variablen entsprechend der Signifikanzen; OR = Odds ratio; KI = Konfidenzintervall nach Wald; unter Deskription sind die relativen Häufigkeiten bzw. der Median abgetragen; Intercept = -2,91

Variable	Ausprägung	Deskription	OR	(95% KI)
Umschulungsgrund ($p = .003$)	0 = gesundheitliche Einschränkung	35,4%	1	
	1 = alle anderen Gründe	64,6%	3,54	(1,58-8,38)
Arbeitsmarktsituation am Wohnort zum Zeitpunkt T5 ($p = .010$)	1 = strukturstark	60,8%	1	
	2 = strukturschwach	39,2%	2,70	(1,28-5,87)
Erwerbstätigkeit in Jahren seit 1990, adjustiert für das Alter ($p = .012$)	1 = mehr als der Altersdurchschnitt	51,9%	1	
	2 = weniger als der Altersdurchschnitt	48,1%	2,57	(1,25-5,44)
Gesundheitliche Belastungen durch Schlafstörungen ($p = .019$)	0 – 5 markierte Beschwerden	1	1,41	(1,07-1,91)
Antizipierte soziale Unterstützung für die Umschulung ($p = .043$)	1 = gut bis sehr gut	74,1%	1	
	2 = teils/teils bis sehr schlecht	25,9%	2,39	(1,04-5,70)

Wichtigstes Prognosemerkmal für den Erwerbsstatus 12 Monate nach Ende der beruflichen Rehabilitation ist der Umschulungsgrund ($p = .003$). Rehabilitanden, für die die gesundheitliche Einschränkung nicht der einzige Umschulungsgrund war bzw. die bei Maßnahmebeginn andere Umschulungsgründe angaben, hatten ein im Durchschnitt 3,5-fach erhöhtes Risiko, 12 Monate nach Maßnahmeende erwerbslos zu sein.

Eine ebenfalls wichtige Einflussgröße bildet der regionale Arbeitsmarkt am Wohnort der Rehabilitanden im Jahr nach Umschulungsende ($p = .010$). Rehabilitanden, die in einer strukturschwachen Arbeitsmarktreionen wohnhaft sind, weisen im Vergleich zu denen in strukturstarken Regionen ein durchschnittlich 2,7-fach erhöhtes Risiko auf, zu T5 erwerbslos zu sein.

Die Jahre der Erwerbstätigkeit seit 1990, adjustiert für das Alter, stellen gleichfalls ein wichtiges Prognosemerkmal dar ($p = .012$). Diejenigen Rehabilitanden, die altersadjustiert eine geringere Anzahl von Erwerbsjahren vor Maßnahmebeginn aufweisen, haben durchschnittlich ein ca. 2,6-fach erhöhtes Risiko der Erwerbslosigkeit ein Jahr nach Umschulungsende.

Schlafstörungen als gesundheitsbezogene Variable kommen als weiteres Prognosemerkmal hinzu; mit jeder Stufe der Merkmalsausprägung steigt die Wahrscheinlichkeit, ein Jahr nach Umschulungsende erwerbslos zu sein, um das 1,4-fache ($p = .012$). Dies bedeutet z.B., dass Rehabilitanden, die vier der fünf Schlafbeschwerden dieser Skala mit „ja“ markiert haben, im Vergleich zu jenen, die keine dieser Beschwerden angaben, ein durchschnittlich 4-fach erhöhtes Risiko (1,414) aufweisen, zu T5 erwerbslos zu sein.

Als bedeutsam profilierte sich ferner die bei Umschulungsbeginn (T1) antizipierte soziale Unterstützung in Bezug auf die Maßnahme ($p = .043$). Im Vergleich zu Personen, die sich in dieser Hinsicht gut oder sehr gut unterstützt sahen, liegt bei jenen, die die Unterstützung durch ihr persönliches Umfeld gering einschätzten, ein ca. 2,4-

fach erhöhtes Risiko der Erwerbslosigkeit 12 Monate nach Maßnahmeende vor.

Mithilfe dieses logistischen Regressionsmodells können 72% der ein Jahr nach Umschulungsende Erwerbslosen (Sensitivität) und 77% der Erwerbstätigen (Spezifität) richtig zugeordnet werden ($AUC=.78$). Das spricht für eine akzeptable Prognosegüte des Modells. Die Durchführung verschiedener interner Validierungsverfahren (Kreuzvalidierung, Bootstrap-Verfahren) weist auf einen moderaten Überoptimismus der Prognoseleistung des Modells hin, wobei sich die Ergebnisse der Validierungen innerhalb der Konfidenzintervalle des Prognosemodells bewegen. Gleichwohl bedarf das Modell weiterer Validierungen an externen Stichproben. Der Hosmer-Lemeshow-Test weist auf kein Anpassungsproblem des Modells an die Daten hin ($p=.17$).

4. Diskussion/ Schlussfolgerung

Wie das Studienergebnis zeigt, kann die Integration in das Erwerbsleben zum Zeitpunkt ein Jahr nach Maßnahmeende bereits zu Beginn einer innerbetrieblichen Umschulung zufriedenstellend vorhergesagt werden. Ein Set von arbeitsmarktbezogenen, erwerbsbiographischen, gesundheitlichen und sozialen Merkmalen erwies sich für die erfolgreiche Wiedereingliederung bzw. die Erwerbslosigkeit als bedeutsam: Umschulungsgrund, regionaler Arbeitsmarkt, Jahre der Erwerbstätigkeit (altersadjustiert), gesundheitliche Beschwerden durch Schlafprobleme und die Unterstützung durch die wichtigsten Bezugspersonen.

Die Bildungsträger der innerbetrieblichen Umschulung können aus den Ergebnissen - nach Durchführung externer Validierungen des Modells - Ansatzpunkte für eine zusätzliche gezielte Förderung von Umschulungsteilnehmern bereits in einer frühen Phase der Ausbildung ableiten.

5. Literatur

1. Beiderwieden, K. 2001, Langfristige Wiedereingliederung nach der beruflichen Rehabilitation, Mitteilungen aus der Arbeitsmarkt- und Berufsforschung, 34/2, 182-206.
2. Muche, R., Ring, C. & Ziegler, C. 2005, Entwicklung und Validierung von Prognosemodellen auf Basis der logistischen Regression. Aachen: Shaker.
3. Verband Deutscher Rentenversicherungsträger (Hrsg.) 1997, Abschlussbericht der Reha-Kommission-Berufsförderung des Verbandes Deutscher Rentenversicherungsträger, DRV-Schriften, Band 7. Frankfurt am Main: Verbandes Deutscher Rentenversicherungsträger.

Die Studie wurde gemeinsam vom Verein Regionale Rehabilitationsforschung in Mecklenburg-Vorpommern und Sachsen-Anhalt e.V. sowie von der Deutschen Rentenversicherung Bund gefördert. Wir danken den beiden freien Bildungsträgern sowie den beiden Berufsförderungswerken und ihren Mitarbeitern/innen für die hervorragende Zusammenarbeit.

Präventives Gesundheitsmanagement durch integrierte Personal- und Organisationsentwicklung – Belastungsabbau und Ressourcenaufbau in Innovationsprozessen

Markus THOMZIK, Mara BROSZAT, Stefanie GÖTTEL und Thomas KLEY

*Institut für angewandte Innovationsforschung an der Ruhr-Universität Bochum,
Buscheyplatz 13, D-44801 Bochum*

Kurzfassung: Das Spektrum der Innovationsarten von und in Unternehmen umfasst neben der Entwicklung neuer Produkte und Prozesse auch organisatorische Neuerungen sowie das Erschließen neuer Märkte, Technologien und Geschäftsmodelle (Kriegesmann & Kerka 2007; Tidd et al. 2001). Für die beteiligten und betroffenen Fach- und Führungskräfte gehen Veränderungsprozesse und Innovationsprojekte neben inhaltlichen Herausforderungen mit intensiven Arbeitszeiten, hohen Flexibilitätsanforderungen oder Rollenambiguität einher. Wer als aktiver Innovator Neues in Unternehmen hineinträgt, setzt sich Widerständen und Konflikten aus und muss für die Umsetzung neuer Ideen kämpfen, geht dabei Risiken ein und läuft Gefahr, trotz hohen individuellen Engagements zu scheitern. Auch die passiv von Changeprozessen und Innovationen betroffenen Fach- und Führungskräfte sind erheblichen Belastungen ausgesetzt. Derartiger "Innovationsstress" wird – von Person zu Person unterschiedlich und in Abhängigkeit verfügbarer Ressourcen – entweder als willkommene Herausforderung oder zusätzliche Belastung empfunden. Das Phänomen Innovationsstress und die Folgen, sowie Ansatzpunkte für individuelle und organisationale Prävention stehen im Fokus des vom BMBF geförderten Projekts „PräGO – Präventives Gesundheitsmanagement durch integrierte Personal- und Organisationsentwicklung“.

Schlüsselwörter: Innovationsstress, Führungskräfte, Präventives Gesundheitsmanagement, Personal- und Organisationsentwicklung.

1. Führungskräfte zwischen Innovationsarbeit und „Innovationsstress“

„Innovationen“ sind als strategischer Imperativ aus den meisten Unternehmen nicht mehr wegzudenken. Um auf „hypercompetitiven“ Märkten im Spannungsfeld von Kostenkonkurrenz und Innovationsdruck zu bestehen, müssen Unternehmen Veränderungsprozesse aktiv vorantreiben (Ilinitich et al. 1996). Insbesondere Mitarbeiter/-innen, die wesentliche Impulse für die Unternehmensentwicklung liefern und hier Verantwortung tragen, geraten im Rahmen von Innovationsprozessen unter Druck: Zusätzlich zu einer allgemeinen Beschleunigung und Komplexitätssteigerung betrieblicher Arbeitsabläufe beeinflusst das Involvement in Innovationsprozessen die Zeiteinteilung bzw. Gestaltungsformen von Arbeit und Freizeit, nährt den Boden für Präsentismus (Hemp 2005) und forciert Tendenzen der Selbstausbeutung.

Diese Entwicklungen kreuzen sich mit der starken Zunahme gerade psychischer Erkrankungen und schlagen sich in Diskussionen um Work-Life-Balance oder um Burn-Out-Effekte insbesondere bei Fach- und Führungskräften nieder. Die mit Inno-

vationsprozessen einhergehenden Verhältnisse werden so zu einem immer drängender werdenden Kristallisationspunkt des Arbeits- und Gesundheitsschutzes. Zwar hat das über Jahrzehnte gewachsene System des Arbeits- und Gesundheitsschutzes für „traditionelle“ Belastungen einen hohen Standard erreicht und ist ein breites Spektrum an verhaltens- und verhältnisorientierten Ansätzen entstanden. Die Umsetzung gesundheitsfördernder Maßnahmen bleibt jedoch in vielen Unternehmen hinter den Erwartungen zurück: Insbesondere für die spezifischen Herausforderungen betrieblicher Innovationsprozesse erscheinen die existierenden Maßnahmen bisher nicht passfähig.

Diese Lücke ist mit neuen Ansätzen anzugehen, die einerseits das durch die Einbindung in betriebliche Entwicklungsprozesse geprägte Arbeits-, Freizeit- und Gesundheitsverhalten (Lebensstil) sowie andererseits die organisatorischen Bedingungen in diesem Bereich adressieren, um Gefährdungspotenziale zu vermeiden, vor allem aber um physische und psychische Ressourcen zur erfolgreichen Bewältigung von Innovationsaufgaben zu stärken. Ziel der Projektpartner IAI und Kliniken Essen-Mitte in dem vom Bundesministerium für Bildung und Forschung in der Projektträgerschaft des DLR im Förderschwerpunkt „Präventiver Arbeits- und Gesundheitsschutz“ geförderten Verbundvorhabens PräGO ist daher,

- die spezifischen Belastungen betrieblicher Innovationsprozesse sowie
- den Umgang von Führungskräften mit der eigenen Gesundheit und der Gesundheit anderer zu erfassen,
- Ansatzpunkte für Verhaltens- und Verhältnisprävention unter den Bedingungen von Innovationsprozessen zu identifizieren und
- auf dieser Basis ein integriertes Personal- und Organisationsentwicklungsprogramm zur Gesundheitsförderung und damit auch zur Stimulierung von Innovationsprozessen pilothaft umzusetzen.

Mit der Zusammenführung von Präventions- und Innovationsforschung wird damit ein Beitrag zur Schließung des Forschungsdefizits in diesem Bereich geleistet.

2. Erste qualitativ-empirische Ergebnisse

Zur Deskription der belastenden und ressourcenschöpfenden Facetten betrieblicher Innovationsprozesse wurden in der empirischen Phase des Projektes zunächst leitfadengestützte Interviews mit Fach- und Führungskräften bei den Value-Partnern Siemens AG, Unternehmensbereich Power Generation, Deutsche BP AG und Reifenhäuser REICOFIL GmbH & Co KG durchgeführt.

Da zu vermuten ist, dass die Belastungsfaktoren mit unterschiedlichen Innovationsprozessen variieren, wurde hier ein möglichst breites Spektrum von Changeprozessen und Innovationsprojekten analysiert, die sich grundsätzlich nach der Innovationsart, dem Innovationsgrad und der Rolle der beteiligten Akteure unterscheiden lassen (vgl. Abb. 1).

Folgende Themenkomplexe standen dabei im Mittelpunkt der Führungskräfte-Interviews: Welche „stressigen“ Umstände von Innovationsprozessen können beschrieben werden? Welche Auswirkungen hat der Innovationsstress auf die beteiligten Akteure? Welche Coping-Strategien setzen die in Innovationsprozessen involvierten Personen ein und welche Ressourcen sind hier hilfreich? Welche Verbesserungspotenziale bestehen mit Blick auf die (präventive) Gestaltung von Innovationsprozessen?

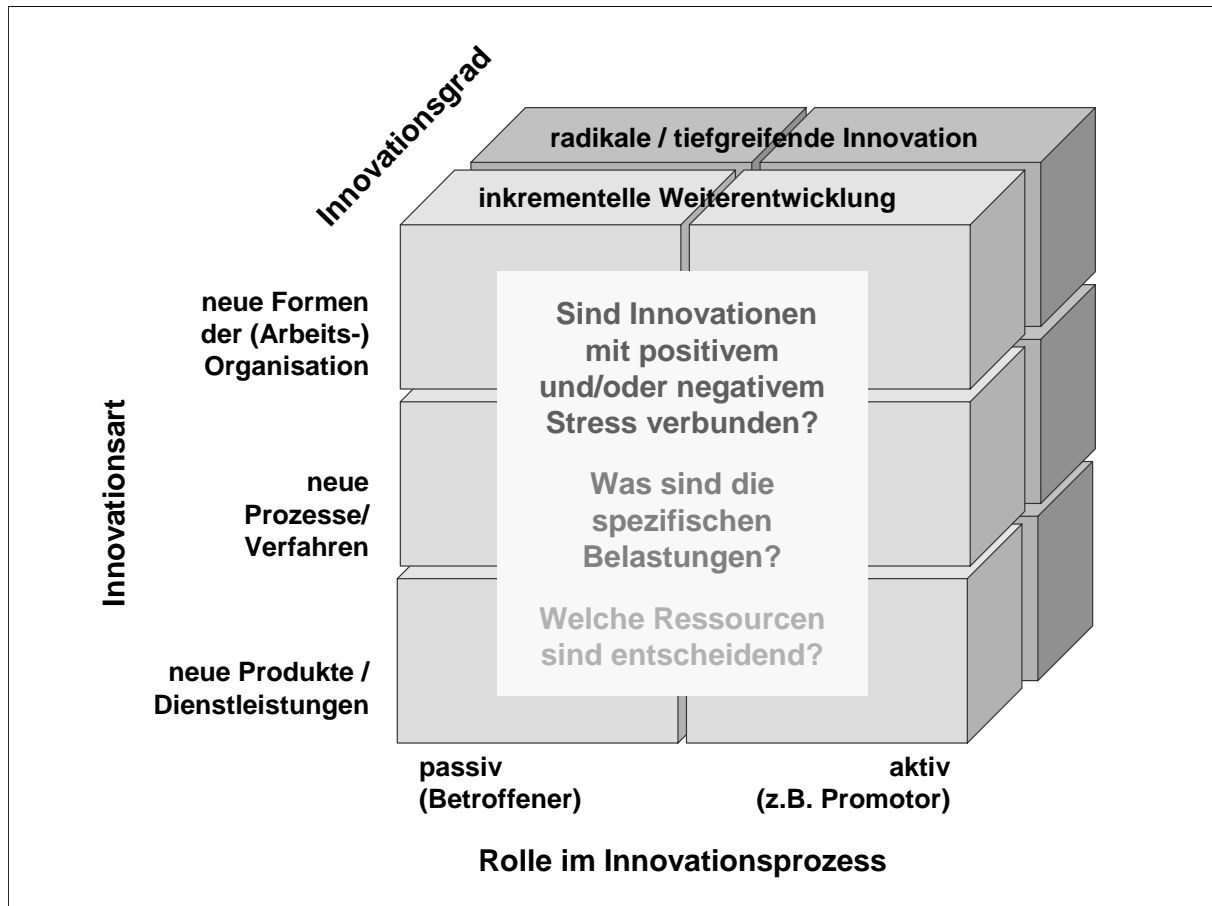


Abbildung 1: Systematisierung von Innovationsprozessen – Innovationsstress, Belastungen und Ressourcen

2.1 Belastungen in Innovationsprojekten

Im Rahmen der qualitativen Interviews zeigte sich, dass

- ausufernde Arbeitszeiten und Termindruck,
- Konflikte in der Um- und Durchsetzung ihrer Projekte und
- die Parallelität von Aufgaben (d.h. „Multi-Projekt-Stress“) und die damit verbundene Rivalität von Routine- und Innovationsaufgaben

die am häufigsten beschriebenen Belastungsfaktoren darstellen. Ein Interviewpartner brachte seine Belastungssituation mit folgenden Worten auf den Punkt: „Nicht das Innovations-Projekt an sich stresst, sondern die Ergänzung zum Tagesgeschäft – 150 statt 120 Prozent sind einfach zuviel“.

2.2 In Innovationsprojekten hilfreiche Ressourcen

Darüber hinaus wurde deutlich, dass für die meisten der interviewten Fach- und Führungskräfte zur Bewältigung der Anforderungen in Innovationsprojekten soziale und organisationale Ressourcen essentiell sind. Insbesondere die Unterstützung durch Kollegen, Vorgesetzte, Familien und Freunde aber auch eine positiv herausfordernde Aufgabenvielfalt sowie ausreichende Tätigkeits- und Entscheidungsspielräume wurden von der Mehrzahl der Fach- und Führungskräfte als wichtige Ressourcen in Innovationsprojekten beschrieben.

2.3 Verbesserungspotenziale bei der Gestaltung von Innovationsprojekten

Mit Blick auf Ansatzpunkte zur Modifikation der Rahmenbedingungen für Innovationsprojekte wurde von der Mehrheit der Gesprächspartner auf die zu knapp gehaltenen zeitlichen und personellen Ressourcen verwiesen. Letztlich betonten fast alle der interviewten Führungskräfte die besondere Relevanz des Ausgleichs von Belastungen, die mit Innovationsprojekten einhergehen. Dieser Ausgleich sollte nach den Vorstellungen der Beteiligten sowohl im Rahmen der Arbeit selbst (z.B. durch Entlastung im Routinegeschäft) als auch im privaten Umfeld (z.B. durch sportliche Aktivitäten) stattfinden.

3. Ausblick

Diese ersten qualitativen Ergebnisse unterstützen im Projekt PräGO zunächst die Hypothesengenerierung als Grundlage einer für den Frühsommer 2008 geplanten Befragung unter 3.000 Führungskräften. Daneben liefern sie bereits erste Gestaltungshinweise für die Entwicklung und pilothafte Erprobung des integrierten Personal- und Organisationsentwicklungsprogramms zur Stimulierung von Innovationsprozessen, das sowohl den Abbau von Belastungsfaktoren in Innovationsprozessen als auch die Stärkung organisationaler, sozialer und persönlicher Ressourcen adressieren soll. Zielgruppe werden hier innovierende und von Innovationen betroffene Fach- und Führungskräfte sein.

4. Literatur

1. Hemp, P. 2005, Krank am Arbeitsplatz, Harvard Business manager, Heft 1, 47-60.
2. Ilinitich, A.Y., D'Aveni, R. & Lewin, A.Y. 1996, New Organizational Forms and Strategies in Hypercompetitive Environments, Organization Science, 7, 211-220.
3. Kriegesmann, B. & Kerka, F. 2007, Innovationskulturen für den Aufbruch zu Neuem. Wiesbaden: Deutscher Universitäts-Verlag.
4. Tidd, J., Bessant, J. & Pavitt, K. 2001, Managing Innovation, 2nd ed., Chichester: John Wiley & Sons.

Europäisches Projekt über wirtschaftliche Anreize zur Förderung der Prävention

Dietmar ELSLER

*Europäische Agentur für Sicherheit und Gesundheitsschutz
am Arbeitsplatz, Gran Via 33, E 48009 Bilbao*

Kurzfassung: Die neue EU-Arbeitsschutzstrategie fordert den verstärkten Einsatz von wirtschaftlichen Anreizen um damit wirksame Verhaltensänderungen in den Betrieben zu erzielen. In einem Projekt der Europäischen Agentur sollen erfolgreiche Anreizmodelle aus den Mitgliedsländern analysiert werden und danach einem internationalen Netzwerk von Organisationen bereit gestellt werden, welche wirtschaftliche Anreize zur Steigerung der Präventionsanstrengungen bereit stellen können.

Schlüsselwörter: Wirtschaftliche Anreize, EU-Arbeitsschutzstrategie, internationale Kooperation, Arbeits- und Gesundheitsschutz.

1. Einleitung

In den letzten Jahren wird auf europäischer Ebene immer mehr das Thema wirtschaftlicher Anreize im Arbeits- und Gesundheitsschutz diskutiert. So fordert die neue europäische Gemeinschaftsstrategie zu Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit 2007-2012 den verstärkten Einsatz von wirtschaftlichen Anreizen um damit auf Arbeitsplatzebene wirksame Verhaltensänderungen zu erzielen. Zunehmend wird erkannt, dass man allein mit Vorschriften keine wesentlichen Verbesserungen im Arbeitsschutz mehr erzielen kann und deshalb diese durch flexiblere Instrumente ergänzen sollte. So nutzen wirtschaftliche Anreize im Arbeitsschutz marktwirtschaftliche Prinzipien um das Eigeninteresse der Unternehmer an guten Arbeitsbedingungen zu fördern. Solche Anreize können beispielsweise in einer stärkeren Differenzierung der Unfallversicherungsbeiträge, in Steuerleichterungen oder günstigen Krediten für Arbeitsschutz-Investitionen bestehen.

2. Expertenbefragung zu wirtschaftlichen Anreizen

In einem Projekt der Europäischen Agentur für Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Arbeit in Zusammenarbeit mit mehreren europäischen Arbeitsschutz-Instituten wurde eine Expertenbefragung durchgeführt, in der 51 Experten aus 12 europäischen Ländern die Situation der wirtschaftlichen Anreize in ihrem Land einschätzten. Die überwiegende Mehrheit der befragten Experten ist der Meinung, dass das gegenwärtige Arbeitsschutz-System in ihrem Land nicht genügend wirtschaftliche Anreize bereitstellt, sei es zur Einhaltung von Gesetzen oder gar um darüber hinausgehende Aktivitäten zu stimulieren. In fast allen Ländern wurde ein Bedarf an zusätzlichen ökonomischen Anreizen im Arbeitsschutz-System gesehen.

Die meisten Experten betrachten Variationen in den Versicherungsbeiträgen als den geeignetsten Anreiz für ihr Land (Abb. 1), gefolgt von Werbemaßnahmen für den wirtschaftlichen Nutzen des Arbeitsschutzes, etwa durch Broschüren, Seminare,

Kongresse. Weniger geeignet erscheinen hingegen zinsgünstige Darlehn und Kontroll erleichterungen.

Die meisten Experten bevorzugten also Zu- oder Abschläge im Rahmen der obligatorischen Unfallversicherung. Diese Bonus/Malus-Systeme existieren schon in den meisten Ländern und beziehen sich meist lediglich auf bereits vergangene Unfallzahlen. Diese sind einfach und zuverlässig zu erheben und die entsprechenden Prämienvariationen entsprechend einfach abzuleiten. Innovativere Ansätze der Beitragsgestaltung, welche auch Belohnungen für konkrete Verbesserungsmaßnahmen am Arbeitsplatz vorsehen, sind hingegen äußerst selten zu finden. Einige Experten befürworten derartige Bonus-Systeme, da sie das unmittelbare Bemühen des Unternehmers um bessere Arbeitsbedingungen honorieren und somit eine stärkere Motivation vor allem für kleinere Betriebe darstellen. Für diese Unternehmensgruppe werden zudem steuerliche Anreize als sehr interessant angesehen, welche es aber in kaum einem Land zur Zeit gibt.

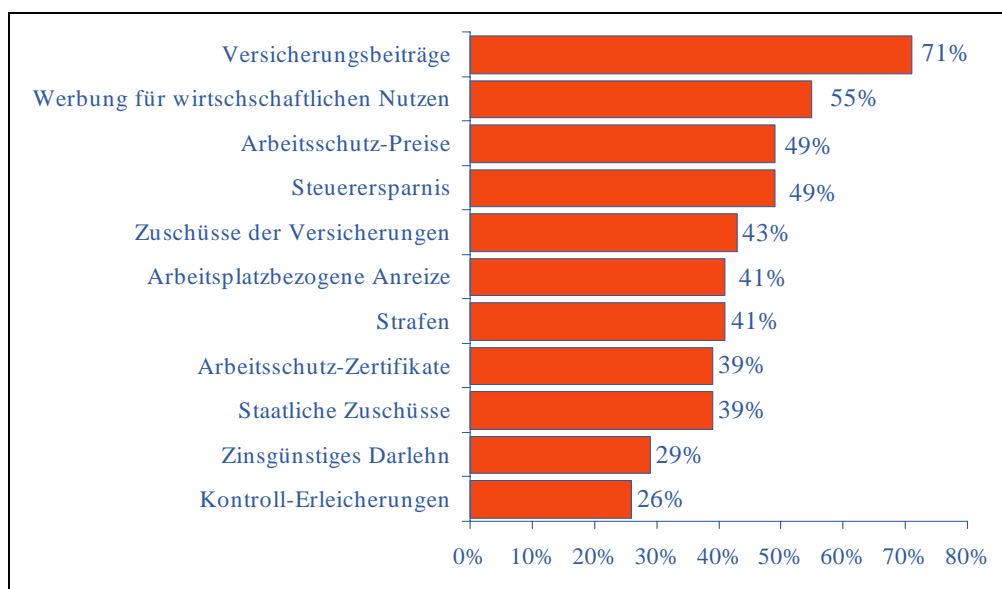


Abbildung 1: Anteil der Nennung auf die Frage, welche wirtschaftlichen Anreize zur Förderung der Prävention für das jeweilige Land am meisten geeignet sind

3. Wirtschaftliche Anreize im Rahmen der gesetzlichen Unfallversicherung

Die klassische Verknüpfung von Versicherungsprämien mit Unfallzahlen wird in mehreren europäischen Ländern bereits mit Erfolg praktiziert, doch werden auch verschiedene Weiterentwicklungen eines solchen Systems diskutiert (European Foundation 2000). Wirtschaftliche Anreize, die allein auf Unfallzahlen basieren, sind in der Regel für kleinere Unternehmen nicht attraktiv, da Unfälle statistisch seltene Ereignisse sind. Bei Kleinunternehmen können daher die möglichen Zu- und Abschlägen zu wenig differenzieren, um eine motivierende Wirkung zu erzielen (Berufsgenossenschaftliches Institut Arbeit und Gesundheit 2006). Zudem kann es sein, dass durch die Zuschläge rein zufällige Unfälle bei ansonsten vorbildlichen Unternehmen bestraft werden, aber andererseits unvorsichtige Unternehmen mit einer weniger ausgeprägten Präventionsstrategie belohnt werden, welche einfach auf ihr Glück hoffen, dass schon nichts passieren wird.

In einer FORUM-Publikation der Europäischen Agentur für Sicherheit und Ge-

sundheitsschutz bei der Arbeit (2004) werden Anreizmodelle aus mehreren europäischen Ländern vorgestellt, welche die Unfall-bezogenen Anreizmodelle weiter entwickeln. Anreizsysteme, die allein auf den Erfahrungen der Vergangenheit beruhen, können nur in beschränktem Ausmass die gegenwärtige Situation des Arbeitsschutzes in einem Unternehmen abbilden. Wirtschaftliche Anreize sollten stattdessen stärker zukunftsorientiert sein um eine motivierende Wirkung für die Präventionsarbeit zu erzielen.

Ein erfolgreiches Beispiel für ein mehr in die Zukunft gerichtetes Anreizsystem stellt das Prämienverfahren der Fleischerei-Berufsgenossenschaft (FBG) dar. Dabei legt die FBG jährlich eine änderbare Liste besonderer Massnahmen auf und vergibt für die Durchführung dieser Massnahmen Punkte (siehe Tab. 1). Ab 10 Bonuspunkten erhält jedes Unternehmen einen Bonus von 0,5% der Versicherungsprämie. Dieser kann auf bis zu 100 Bonuspunkte steigen, was dann einer Gesamtreduktion der Versicherungsprämie um bis zu 5% entspräche.

Tabelle 1: Beispiele von Massnahmen zur Verhütung von Unfällen und Krankheiten

Verhütungsansatz	Konkrete Massnahmen	Bonuspunkte
Technische Massnahmen	Verwendung von Spezialmessern, z. B. Folienmessern	8 Punkte
Organisatorische Massnahmen	Verkehrssicherheitstraining für die Fahrer von Transportfahrzeugen	Max. 8 Punkte
Personenbezogene Massnahmen	Verwendung von Hautschutzmitteln	Max. 6 Punkte

Im Jahr 2005 nahmen 44% der Mitgliedsunternehmen am Prämienmodell der FBG teil. Dabei wurde die maximale Prämie von Betrieben aller Grössenklassen erreicht, d.h. dass dieses Anreizsystem auch für Kleinbetriebe attraktiv ist. Abbildung 2 zeigt, dass die Unfallhäufigkeit bei teilnehmenden Unternehmen wesentlich geringer ist als bei den nicht-teilnehmenden. Der Effekt ist besonders deutlich bei den Betrieben, die vier Jahre in Folge am Prämienverfahren teilgenommen haben.

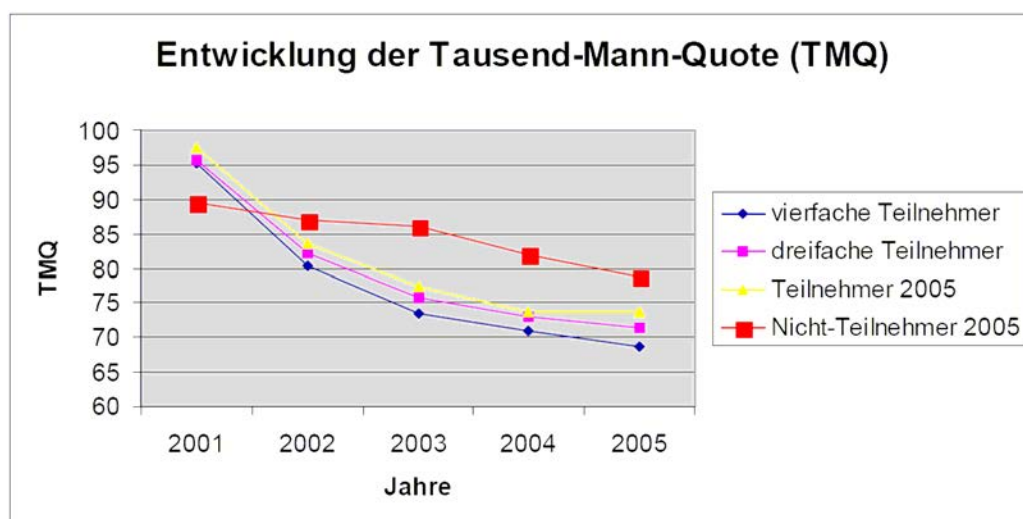


Abbildung 2: Entwicklung der Tausend-Mann-Quote beim Prämienmodell der Fleischerei-BG (Berufsgenossenschaftliches Institut Arbeit und Gesundheit 2006)

4. Europäisches Projekt zu wirtschaftlichen Anreizen

Die Europäische Agentur wird ab 2008 ein neues Projekt zu wirtschaftlichen Anreizmodellen durchführen. Neben umfangreichen Informationsmaterialien zum Thema ist die Entwicklung eines internationalen Netzwerks von Organisationen geplant, welche bereits Anreizsysteme einsetzen oder dies in Zukunft planen.

Als erster Schritt wird mit Hilfe eines Konsortiums von europäischen Arbeitsschutzinstituten ein Bericht über den gegenwärtigen Stand der wirtschaftlichen Anreize in der Europäischen Union erstellt. Dabei sollen verschiedene Modelle aus mehreren Mitgliedsländern vorgestellt und deren Effektivität und Effizienz diskutiert werden. Gemäss der EU-Arbeitsschutzstrategie soll der Schwerpunkt dabei auf Modellen liegen, die zur Motivation von zukünftigen Präventionsanstrengungen geeignet sind und die besondere Situation von kleinen und mittleren Betrieben berücksichtigen.

Die bisherige Forschung zeigt (Berufsgenossenschaftliches Institut Arbeit und Gesundheit 2006), dass sich ein gutes wirtschaftlichen Anreizsystem vor allem durch folgende Kriterien auszeichnet:

- Es belohnt gegenwärtige und zukünftige Präventionsanstrengungen und basiert nicht nur auf vergangen Ergebnissen, wie z.B. Unfallraten.
- Die Anreize sollten möglichst zeitnah wirken, damit sie eine hohe Motivationswirkung für Präventionsanstrengungen entfalten können.
- Wirtschaftlichkeit, d.h. wirksame Massnahmen sollten mit möglichst einfachen Verfahren mit geringem Verwaltungsaufwand belohnt werden.
- Leichte Zugänglichkeit für alle Unternehmensgrössen, insbesondere auch für Kleinbetriebe, welche einen Schwerpunkt der neuen EU-Arbeitsschutzstrategie darstellen.

5. Literatur

1. Berufsgenossenschaftliches Institut Arbeit und Gesundheit 2006, Teilprojekt 14: „Anreizsysteme“. Dresden: http://www.hvbg.de/d/bgag/forsch/pdf_foto/qdp_ab14.pdf.
2. Europäische Agentur für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit 2004, Effectiveness of economic incentives to improve occupational safety and health. Bilbao: <http://osha.europa.eu/publications/forum/14>.
3. European Foundation for the Improvement of Living and Working Conditions 2000, Economic Instruments for Sustainable Development. Dublin: <http://www.eurofound.europa.eu/publications/htmlfiles/ef0076.htm>.

Führungskräfte und ihre Gesundheit – eine empirische Untersuchung

Gabriele N. ALPERS

*Institut für Industriebetriebslehre und Industrielle Produktion,
Abteilung Arbeitswissenschaft, Universität Karlsruhe,
Hertzstraße 16, D-76187 Karlsruhe*

Kurzfassung: Der vorgestellte Beitrag beschreibt eine empirische Untersuchung zu psychosozialen Beanspruchungen und Ressourcen sowie den Zusammenhang von Gesundheit und Wohlbefinden von Führungskräften aus Großunternehmen in Deutschland. In einem freiwilligen eintägigen internistischen Gesundheits-Check-up wurden objektive, medizinische Daten erhoben.

Schlüsselwörter: Beanspruchungen, Führungskräfte, Gesundheit, Ressourcen.

1. Einleitung

Die Zunahme der Komplexität und Dynamik der Arbeitswelt wirft die Frage auf: „Wie gesund sind Führungskräfte?“ (Prevent 2001).

Viele Unternehmen widmen sich daher vermehrt dem bisher wenig erforschten Gebiet „Gesundheitssituation und Gesundheitsverhalten von Führungskräften“ (Sachs 2006), denn diese stellen die Treiber des langfristigen Erfolgs eines Unternehmens dar. Firmen versuchen durch den Aufbau eines zeitgemäßen Gesundheitsmanagements, dem verstärkten Druck durch die Globalisierung und der dadurch erhöhten Arbeitsbelastung entgegen zu wirken.

Die vorliegende Studie untersucht die Beanspruchungs- und Ressourcensituation der Führungskräfte sowie den Zusammenhang von Gesundheit und Wohlbefinden.

Aufbauend auf einer qualitativen Vorstudie, die auch quantitative Daten erzeugte, wurden Führungskräfte befragt. Am gleichen Tag unterzogen sie sich an 5 Standorten in Deutschland einem freiwilligen internistischen Gesundheits-Check-up bei PREVENT (Institut für Arbeits- und Sozialhygiene Stiftung, Karlsruhe).

2. Methode der empirischen Untersuchung

2.1 Fragebogen

Der Fragebogen besteht aus drei Bereichen:

- Fragen zu Alltagssituationen
- Fragen zur Arbeitsfähigkeit (Ilmarinen & Tuomi 2004)
- soziodemografische Daten.

Ermittelt wurden Beanspruchungen und wahrgenommene Ressourcen im Berufsalltag und der Schnittstelle Beruf/Privat sowie Zufriedenheit, subjektive Gesundheit, Stress und körperliche Symptome. Im Folgenden werden die erhobenen Daten vorgestellt. Zum einen wurden die Führungskräfte mittels fünfstufiger Antwortskala

(Ausprägung von „1 = sehr gering“ bis „5 = sehr stark“) befragt, in wie weit sie gewisse Bedingungen als belastend beziehungsweise unterstützend empfinden. Gleichzeitig wurden sie gebeten anzugeben, wie häufig sie diese Faktoren im beruflichen Alltag vorfinden („nie“, „selten“, „manchmal“, „oft“, „immer“).

Mittels dreistufiger Antwortskala („abgenommen“, „unverändert“, „zugenommen“) wurden die Führungskräfte aufgefordert, zu jedem Teilaspekt ihre eventuelle Einstellungs- und Verhaltensänderung mit der Situation von vor fünf Jahren zu vergleichen.

Vorab wurde das beschriebene Erhebungsinstrument an 30 Führungskräften getestet (Pretest).

2.2 Medizinische Untersuchung

Die freiwillige internistische Untersuchung umfasste die Herz-Kreislauf-Lungen-Diagnostik, die Diagnostik des Verdauungssystems und der inneren Organe, die Überprüfung von Augen, Ohren und Blutgefäßen, die Körperfettanalyse sowie die Erfassung der Laborparameter.

Daraus wurden folgende Daten anonym erfasst und ausgewertet: Herz-Kreislauf-Risikofaktoren (Fettstoffwechselstörung, Hypertonie, Diabetes mellitus, Rauchen), familiäre/genetische Belastungen, Body-Mass-Index (BMI), Alkoholkonsum (g/Woche), regelmäßige Sportausübung (> 2 Stunden/Woche), Teilnahme am Check-up vor 5 Jahren sowie Diagnosen. Der Arzt beurteilte die körperliche und seelische Gesundheit sowie die körperliche Leistungsfähigkeit der Führungskraft anhand einer fünfstufigen Antwortskala („sehr unzufrieden“, „unzufrieden“, „mittel“, „zufrieden“, „sehr zufrieden“).

2.3 Beschreibung der Stichprobe

Es wurden 314 Führungskräfte (davon 93,6% Männer) aus Großunternehmen verschiedener Branchen in Deutschland befragt. 97,8% der Personen sind vollzeitbeschäftigt; die tatsächliche durchschnittliche Arbeitszeit beträgt 55,6 Stunden pro Woche (Standardabweichung = 8,1). 93% leben in Ehe/Partnerschaft. Im Durchschnitt arbeiten die Führungskräfte 4,4 Stunden pro Woche im privaten Haushalt (Range 0-30). Der Altersdurchschnitt beträgt 44 Jahre und 9 Monate.

2.4 Statistische Verfahren

Die deskriptive und Inferenzstatistik wurde mithilfe des Programms SPSS durchgeführt. Neben Tests wie Korrelationen und Mittelwertsvergleichen wurden die erfragten Variablen bezüglich Beanspruchungen, Ressourcen, Zufriedenheit, Stress und körperliche Symptome mittels Faktorenanalyse reduziert.

3. Ergebnisse der Erhebung

3.1 Beanspruchungen und Ressourcen heute und vor 5 Jahren

Die Ergebnisse zeigen, dass die Beanspruchungen „Anfragen per E-Mail/Telefon“, „Informationsüberflutung“, „viel Arbeit“ und „Zeitdruck“ nach Einschätzung der Führungskräfte im Vergleich zur Situation von vor 5 Jahren zugenommen haben. „Stress“ und „Druck“ haben sich ebenfalls in diesem Zeitraum erhöht.

In Bezug auf die Häufigkeit fühlen sich die Befragten heute oft unterstützt durch „Mitarbeiter“, bezüglich der Intensität stark unterstützt durch „Mitarbeiter“, „abwechslungsreiche Arbeitsaufgaben“, „erweiterter Entscheidungs-/Handlungsspielraum“ sowie „sportliche Aktivitäten“. Ressourcen wie „abwechslungsreiche Arbeitsaufgaben“ und „erweiterter Entscheidungs-/Handlungsspielraum“ haben sich im Vergleich zur Situation von vor 5 Jahren verstärkt.

3.2 Gesundheit heute und vor 5 Jahren

Bezüglich körperlicher Symptome gaben Führungskräfte an, dass sie am häufigsten unter Verspannungen, gefolgt von Müdigkeit, Kreuz- und Rückenschmerzen, Nervosität und Schlafstörungen, leiden.

Im Hinblick auf die Herz-Kreislauf-Risikofaktoren Fettstoffwechselstörung, Hypertonie und Diabetes mellitus ergaben sich gute bis sehr gute Werte im Vergleich zur deutschen Gesamtbevölkerung. Nur 10,5% der Untersuchten rauchen, knapp die Hälfte übt regelmäßig Sport aus (> 2 Stunden/Woche) und die meisten Führungskräfte konsumieren Alkohol unterhalb der als gesundheitsbedenklich eingestuften Grenzwerte. Bei 49% der Führungskräfte stellten die Ärzte keine Erkrankung fest.

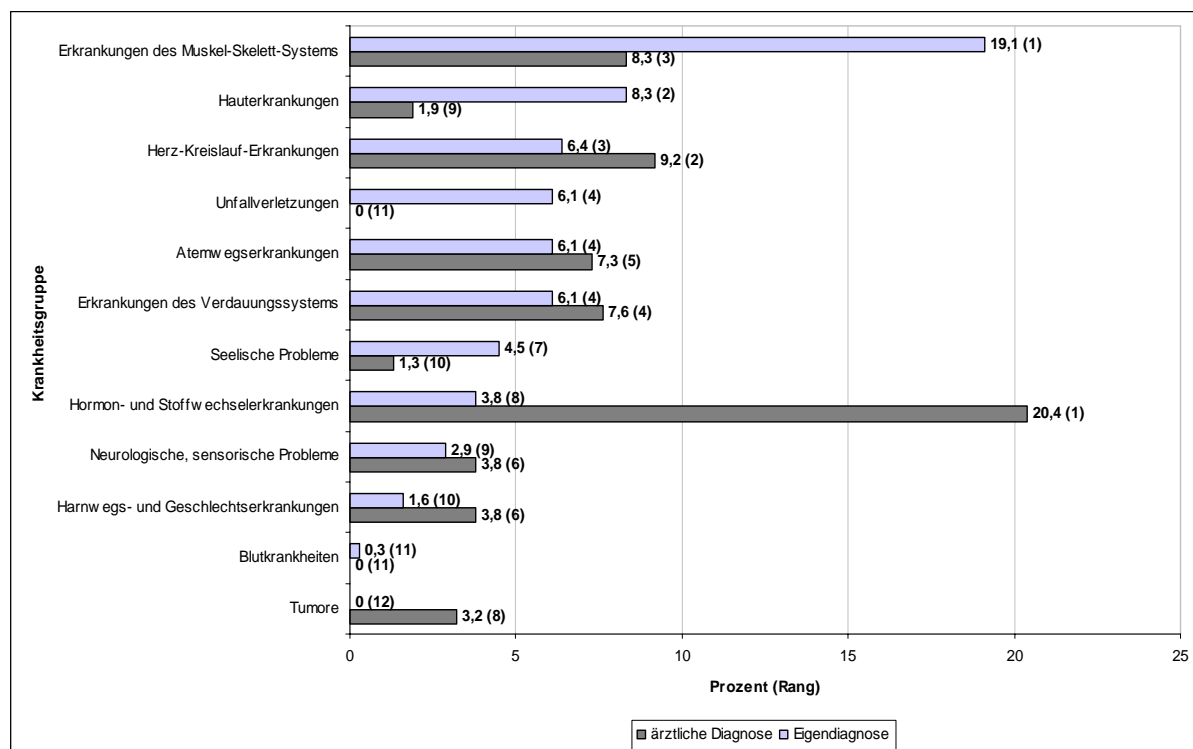


Abbildung 1: Prozentangabe und Rangfolge der Krankheitsgruppen

Abbildung 1 zeigt die Krankheitsgruppen in Prozent, differenziert nach ärztlicher und Eigendiagnose. Zusätzlich wird der Rang der Nennung in Klammern angegeben. An erster Stelle geben Führungskräfte die Erkrankungen des Muskel-Skelett-Systems mit 19,1% an, gefolgt von Haut- (8,3%) und Herz-Kreislauf-Erkrankungen (6,4%). Bei der ärztlichen Diagnose nehmen die Hormon- und Stoffwechselerkrankungen mit 20,4% den ersten Platz ein, gefolgt von Herz-Kreislauf- (9,2%) und Muskel-Skelett-Erkrankungen (8,3%).

Führungskräfte, die sich gesund fühlen, wurden überwiegend auch aus ärztlicher Sicht als gesund eingestuft.

In einer Längsschnittstudie sind die medizinischen Daten von 36 Führungskräften mit einem Gesundheits-Check-up vor 5 Jahren verglichen worden. Festzustellen ist eine leichte Zunahme des BMI. Im Bereich der Herz-Kreislauf-Risikofaktoren wurde bei den Fettstoffwechselstörungen eine Abnahme und bei der Hypertonie eine leichte Zunahme verzeichnet. Der Alkoholkonsum und die sportliche Aktivität der untersuchten Führungskräfte hatten abgenommen. Die Anzahl der gestellten Diagnosen hat sich, außer bei den Muskel-Skelett-Erkrankungen, verringert. Der bei einer Führungskraft vor 5 Jahren diagnostizierte Verdacht auf Herzphobie hat sich heute als Krankheit manifestiert.

Der mittlere Arbeitsfähigkeitsindex (WAI = 41,7) bescheinigt den Befragten eine gute Arbeitsfähigkeit. Mehr als 80% der Führungskräfte haben einen guten bis sehr guten Work Ability Index.

4. Schlussfolgerungen

Mit dieser Untersuchung konnten Ergebnisse zu psychosozialen Beanspruchungen und Ressourcen sowie zur psychischen und physischen Gesundheit von Führungskräften gewonnen werden. Außerdem wurde die Änderung dieser Faktoren über einen Zeithorizont von 5 Jahren erfasst. Parallel unterzogen sich die Führungskräfte einem freiwilligen internistischen Gesundheits-Check-up.

Ein derartiges Vorgehen, bestehend aus subjektiver und objektiver Analyse der Gesundheit, ist sinnvoll, weil Eigen- und ärztliche Diagnosen unterschiedliche Aspekte erfassen. Der Fragebogen zur Erfassung der Arbeitsfähigkeit sollte den Mitarbeitern als Instrument zur Selbsteinschätzung zur Verfügung gestellt werden.

Für die individuelle Führungskraft und die Unternehmen gilt es, die im Durchschnitt ermittelte gute, mittlere Arbeitsfähigkeit der Führungskräfte zu unterstützen beziehungsweise zu erhalten.

5. Literatur

1. Alpers, G. 2006, Arbeitsfähigkeit. In: P. Knauth & A. Wollert (Hrsg.), Human Resource Management - Neue Formen betrieblicher Arbeitsorganisation und Mitarbeiterführung, 60. Ergänzungslieferung. Köln: Deutscher Wirtschaftsdienst, 1-16.
2. Ilmarinen, J. & Tuomi, K. 2004, Past present and future of work ability. In: J. Ilmarinen & S. Lehtinen (Hrsg.), Past Present and Future of Work Ability – People and Work Research Report 65. Helsinki: Finnish Institute of Occupational Health, 1-25.
3. PREVENT 2001, Wie gesund sind Führungskräfte? In: PREVENT& Institut für Arbeits- und Sozialhygiene Stiftung (Hrsg.), Aktuelle Informationen zur Erhaltung und Förderung Ihrer Gesundheit, Ausgabe 1/2001. Karlsruhe.
4. Sachs, I. 2006, Gesundheit von Managern – Gesundheitssituation und Gesundheitsverhalten von Führungskräften in der Deutschen Wirtschaft. In: I. Sachs, G. Classen & W. Neumann (Hrsg.), Forschung im Gesundheitsmanagement, Band I. Neubrandenburg: Hochschule Neubrandenburg, 7-90.

Wie stellt man Flachbildschirme auf, wenn man eine Universal-Gleitsichtbrille trägt?

Wolfgang JASCHINSKI

*Institut für Arbeitsphysiologie an der Technischen Universität Dortmund,
Ardeystr. 67, D-44139 Dortmund*

Kurzfassung: Messungen des Akkommodationsnahpunktes bei verschiedenen vertikalen Augenneigungen zeigen, dass man mit Universal-Gleitsichtbrillen sowohl in der Ferne scharf sieht als auch bei Büroarbeit mit komfortabler Kopfhaltung den Bildschirm scharf sehen kann, vorausgesetzt ein Flachbildschirm wird tiefer und stärker nach hinten geneigt aufgestellt als konventionell üblich. Wenn der Benutzer dies für Augen und Nacken angenehm empfindet, erübrigt sich somit eine spezielle Bildschirmarbeitsplatzbrille.

Schlüsselwörter: Bildschirmarbeit, Alterssichtigkeit, Gleitsichtbrillen.

1. Einleitung

Flachbildschirme ermöglichen neue ergonomische Lösungen, weil sie sich flexibel am Bildschirmarbeitsplatz aufstellen lassen. Diese Studie zeigt, dass davon alterssichtige Personen profitieren können, die eine Gleitsichtbrille tragen (Abb. 1). Bei solchen Brillengläsern nimmt die Stärke des optischen Nahzusatzes zur Unterstützung der Akkommodation kontinuierlich zu, wenn man bei konstanter Kopfhaltung die Augen zunehmend nach unten neigt (von Buol 2002). So ermöglicht eine Universal-Gleitsichtbrille ein scharfes Sehen bei horizontalem Blick in die Ferne (z. B. beim Autofahren) und bei abgesenktem Blick (z. B. beim Lesen und Schreiben). Eine solche Universal-Gleitsichtbrille ist jedoch ungeeignet, weil der Bildschirm – bei üblicher Aufstellung fast in Augenhöhe – unscharf erscheint, wenn man eine komfortable Kopfhaltung einnimmt. Der Bildschirm ist nur dann scharf zu sehen, wenn man den Kopf nach hinten neigt – was auf Dauer zu Nacken- und Rückenschmerzen führt. Als Lösung dieses Problems prüfen wir, ob Universal-Gleitsichtbrillen am Bildschirmarbeitsplatz dann anwendbar sind, wenn Flachbildschirme relativ zum Auge stärker abgesenkt werden, um sie in den Bereich des scharfen Sehens bei bequemer Kopfhaltung zu bringen.

2. Methode

Der Bereich des scharfen Sehens am Bildschirmarbeitsplatz wurde ermittelt, während alterssichtige Probanden (n=12; Alter 51 – 62 Jahre) mit ihren Universal-Gleitsichtbrillen eine bequeme Kopfhaltung einnahmen. Dieser Bereich ergab sich aus Messungen des Akkommodationsnahpunktes bei verschiedenen vertikalen Blickneigungen der Augen (bis zu 60 Grad).

Um die bequeme Kopfhaltung zu finden, schloss der Proband die Augen und neigte den Kopf langsam nach oben und unten und suchte so eine bequeme Kopfhaltung, unbeeinflusst vom Blick auf irgendein Sehobjekt. Diese Kopfhaltung wurde mit Hilfe einer Kopfstütze während der Nahpunktmessungen beibehalten und durch

Messung des Kopfnegungswinkels dokumentiert (Reid's-Line, Verbindungslinie vom Ohrkanal zum Auge).

Zur Messungen des Akkommodationsnahpunktes (Sehabstand zum nächsten scharf gesehenen Punkt) wurde ein Sehzeichen aus dem nahen, unscharfen Bereich langsam in die Ferne bis zu dem Punkt geschoben, wo der Proband angab, das Sehzeichen scharf zu sehen. Diese Messungen erfolgten bei verschiedenen vertikalen Augenneigungen, indem die Messeinrichtung mechanisch in Schritten von 10 Grad um die Augenachse geneigt wurde.

3. Ergebnisse

Abb. 1 zeigt für eine Probandin die Kurve des Akkommodationsnahpunktes als Funktion der Augenneigung in einem Koordinatensystem mit der Augenposition als Ursprung. Scharfes Sehen ist an den Punkten im Raum möglich, die weiter entfernt vom Auge liegen als diese Kurve; an näheren Punkten ist das Sehen unscharf. Daher kann der Bildschirm im Bereich zwischen der Kurve und der Tischhöhe aufgestellt werden. Für diese Probandin wurde am Arbeitsplatz ein Flachbildschirm so aufgestellt, wie es in Abb. 1 dargestellt ist. Er liegt somit vollständig im scharfen Sehbereich bei bequemer Kopfhaltung.

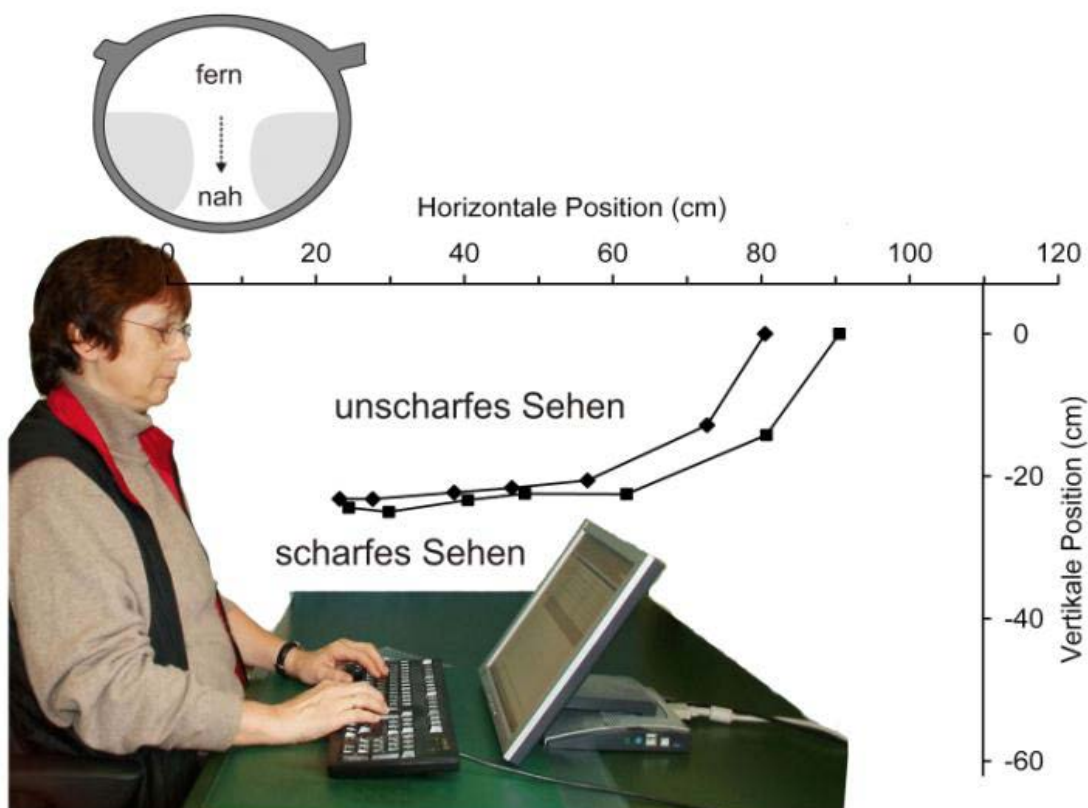


Abbildung 1: Individuelles Beispiel des Akkommodationsnahpunktes als Funktion der Augenneigung bei einer alterssichtigen Probandin, die eine bequeme Kopfhaltung einnimmt und eine Universal-Gleitsichtbrille trägt, d. h. scharfes Sehen ist in der Ferne (z.B. beim Autofahren) und in der Nähe (beim Lesen) möglich. Für diese Probandin wurde ein Flachbildschirm im Bereich des scharfen Sehens angeordnet. Die Kurven zeigen die Ergebnisse von zwei Messsitzungen. Die Maße beziehen sich auf die Augenposition.

Abb. 2 zeigt beispielhafte individuelle Kurven, der Übersichtlichkeit halber nur für fünf Probanden, deren Daten den Bereich der Gesamtgruppe abdecken. Die Kurven verlaufen weitgehend parallel. Sie unterscheiden sich, weil die Probanden Gleitsichtbrillen mit verschiedenen optischen Eigenschaften trugen und ein unterschiedliches Restakkommodationsvermögen besaßen. Unterhalb jeder dieser Kurven besteht scharfes Sehen für den jeweiligen Probanden.

Wir haben den 12 Teilnehmern der Studie vorgeschlagen, an ihren Büroarbeitsplätzen einen Flachbildschirm entsprechend diesen gemessenen Kurven aufzustellen. Bei 8 Teilnehmern führte dies zu ergonomischen Lösungen mit gutem Sehvermögen ohne Nackenbeschwerden; die jeweiligen Positionen der Bildschirmmitte relativ zum Auge sind in Abb. 2 eingetragen (Dreiecke). Diese Positionen liegen alle mehr als 25 cm unterhalb der Augenposition und befinden sich für jeden Probanden im Bereich des scharfen Sehens. Diese Bildschirmpositionen sind erheblich tiefer als es üblich ist; dies ergibt sich aus der Punktwolke (offene Kreise in Abb. 2), die die Verteilung von konventionellen Bildschirmpositionen in einer früheren Feldstudie an Arbeitsplätzen von 50 alterssichtigen Probanden darstellt (Zeller & Jaschinski 2005). Diese Bildschirmpositionen liegen im Bereich bis maximal 25 cm unterhalb der Augen und erlauben mit Universal-Gleitsichtbrillen meist kein scharfes Sehen bei bequemer Kopfhaltung.

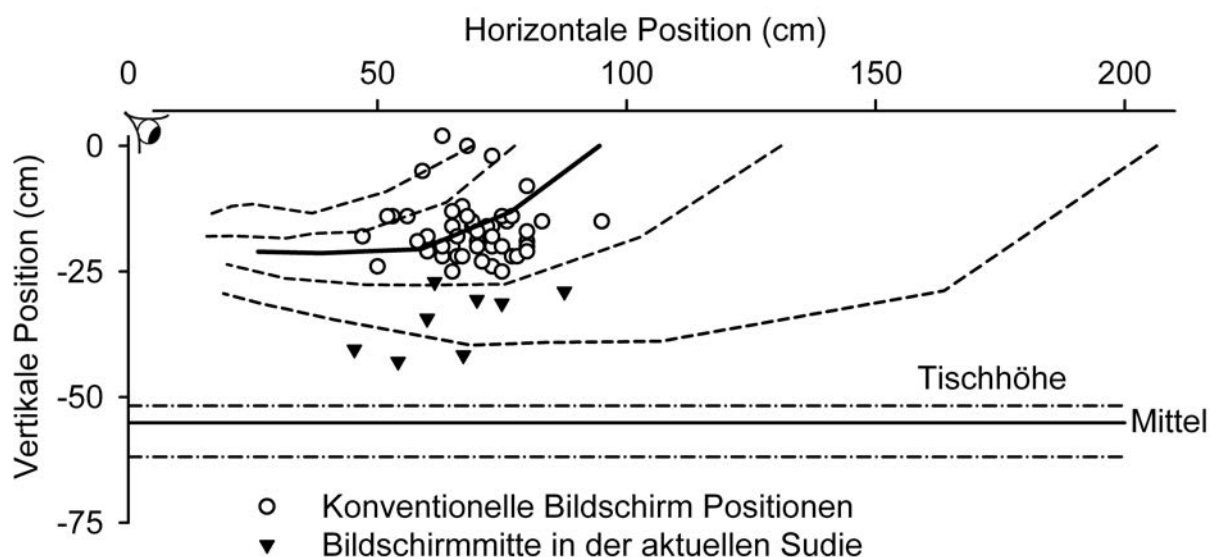


Abbildung 2: Nahpunktcurven des Scharfsehens in 5 Beispielen; die fette Kurve stellt die Mediankurve der Stichprobe dar. Die 8 Dreiecke bezeichnen die Positionen der Bildschirmmitte, die diese 8 Probanden an ihren Büroarbeitsplätzen eingerichtet haben. Die dazugehörigen Tischhöhen (relativ zur Augenhöhe) sind als Mittelwert und Bereich eingezeichnet. Die 50 offenen Kreise zeigen konventionelle Positionen der Bildschirmmitte, ermittelt in einer früheren Feldstudie (Zeller & Jaschinski 2005). Die Maße beziehen sich auf die Augenposition

4. Diskussion

Oft sind Bildschirme so hoch aufgestellt, dass alterssichtige Personen mit Universal-Gleitsichtbrillen den Bildschirm nur scharf sehen können, wenn sie den Kopf nach hinten neigen, was auf Dauer zu Nacken- und Rückenschmerzen führt. Die übliche Lösung für dieses Problem besteht darin, den Bildschirm an seiner Position zu be-

lassen und eine an hoch aufgestellte Bildschirme angepasste Bildschirmarbeitsplatzbrille zu tragen, die jedoch kein scharfes Sehen in der Ferne (z. B. beim Autofahren) erlaubt; Personen mit einer Fernbrille müssen somit zum Sehen am Bildschirm die Brille wechseln.

Ein solcher Brillenwechsel ist nicht erforderlich, wenn man seine Universal- Gleitsichtbrille (für das Autofahren und das Lesen eines Buches) am Arbeitsplatz mit einem Flachbildschirm benutzt, der tiefer und stärker nach hinten geneigt aufgestellt ist als üblich. Man vermeidet dadurch Nackenbeschwerden und eine spezielle Bildschirmarbeitsplatzbrille erübrigt sich. Es zeigte sich, dass Scharfsehen möglich ist, wenn ein horizontaler Sehabstand zwischen 40 und 80 cm besteht und die Bildschirmmitte zwischen 25 und 45 cm unterhalb der Augen liegt. Für einen möglichst senkrechten Blick auf den Bildschirm muss man ihn nach hinten neigen.

Diese Bildschirmpositionen von mehr als 25 cm unterhalb der Augen führten zu einer mittleren Blickneigung von 28 Grad, die tiefer ist üblicherweise empfohlen (0-15 Grad; Delleman 2004). Im Mittel setzte sich die Blickneigung von 28 Grad zusammen aus einer Kopfneigung um 10 Grad (rel. zu einem horizontalen Blick) und einer Augenneigung um 18 Grad (rel. zum Kopf). Beide Beträge liegen noch in den Bereichen, die als komfortabel gelten (Chaffin et al. 1999; Menozzi et al. 1994).

8 der 12 Teilnehmer bevorzugten diese niedrigen Bildschirmpositionen seit fast einem Jahr für ihre tägliche Büroarbeit. 4 Teilnehmer zogen - aus verschiedenen Gründen - andere Lösungen vor. Hieraus lässt sich folgende Empfehlung ableiten. Alterssichtige Bildschirmnutzer mit Universal-Gleitsichtbrillen können Flachbildschirme in niedrigen, nach hinten geneigten Positionen erproben. Wenn so ein gutes Sehen ohne Nackenbeschwerden möglich ist, dann ist dies eine vorteilhafte Lösung, weil kein Brillenwechsel erforderlich ist.

Personen, die diese Lösung nicht vorteilhaft finden, können spezielle Bildschirmarbeitsplatzbrillen tragen, die auf die individuellen Erfordernisse abgestimmt werden müssen. Gleitsichtbrillen für den Bildschirmarbeitsplatz bieten den Vorteil einer breiteren Zone des Scharfsehens als die hier verwendeten Universal-Gleitsichtbrillen (Abb. 1); jedoch war dies für unsere 8 Teilnehmer mit Universal-Gleitsichtbrillen an niedrigen Bildschirmen offenbar nicht ausschlaggebend.

5. Literatur

1. Chaffin, D.B., Andersson, G.B.J. & Martin, B.J. 1999, Occupational Biomechanics. New York: Wiley & Sons Inc.
2. Delleman, N.J. 2004, Head and neck. In: N.J. Delleman, C.M. Haslegrave & D.B. Chaffin (Eds.), Working Postures and Movements: Tools for Evaluation and Engineering. Boca Raton (FL): CRC Press, 87-105.
3. Menozzi, M., Von Buol, A., Krueger, H. & Miede, C. 1994, Direction of gaze and comfort: discovering the relation for the ergonomic optimization of visual tasks, Ophthalmic and Physiological Optics, 14, 393-399.
4. Zeller, I. & Jaschinski, W. 2005, Wohin mit dem Bildschirm? Eine Feldstudie über arbeitsbedingte Beschwerden an Bildschirmarbeitsplätzen, ErgoMed, 29, 3-8.
5. von Buol, A. 2002, Der Einfluss von Gleitsichtbrillen auf Kopf- und Augenbewegungen, Dissertation. Zürich: Technische Wissenschaften ETH Zürich.

Quantitative Bestimmung der Beeinflussung der Farbwahrnehmung durch Laserschutzfilter

Michael SCHÜRER, Annette WALTER, Holger BRÜNNER und
Achim LANGENBUCHER

*Institut für Medizinische Physik, Friedrich-Alexander Universität Erlangen-Nürnberg,
Henkestraße 91, D-91052 Erlangen*

Kurzfassung: Ein neuartiger Messplatz wird für die Erfassung des Einflusses von Laserschutzfiltern auf die Farbwahrnehmung genutzt. Laserschutzfilter haben je nach spektralem Umfang und Lage der von ihnen absorbierten Strahlung einen erheblichen Einfluss auf die humane Farbwahrnehmung und Farbunterscheidungsfähigkeit. Es zeigt sich, dass die Beeinflussung der Farbwahrnehmung hauptsächlich von der Lage der Absorptionskante des Filterglases abhängt.

Schlüsselwörter: Laserschutzfilter, Farbwahrnehmung, Farbunterscheidungsfähigkeit.

1. Einleitung

Die Anwendung von Lasern in der Medizin und Industrie erfordert aus Gründen des Arbeitsschutzes, die Gefährdung der Augen durch die Laserstrahlung mittels Laserschutzbrillen zu eliminieren. Die dafür notwendigen Filtergläser müssen Strahlung im Bereich der Arbeitswellenlänge des Lasers absorbieren. Zum Einsatz kommen hierbei Volumenfilter, Interferenzfilter, oder eine Kombination aus beiden. Fertigungs- und materialtechnische Voraussetzungen, aber auch Erfordernisse des Laserschutzes bedingen, dass nicht nur der schmalbandige Wellenlängenbereich des Lasers herausgefiltert wird, sondern ein erheblich breitbandigerer Anteil aus dem Lichtspektrum entfernt wird. Liegt dieser herausgefilterte Bereich innerhalb des visuell sensiblen Bereichs so kommt es beim Träger der Schutzbrille zur Beeinflussung der Farbwahrnehmung (Abbildung 1).

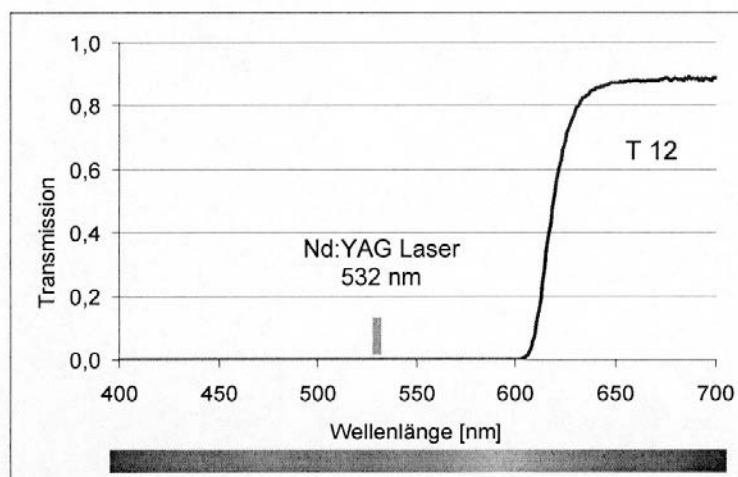


Abbildung 1: Das Laserschutzglas T12 (LaserVision, Fürth) lässt Strahlung >600nm transmittieren. Es bietet Schutz vor der Arbeitswellenlänge 532nm des frequenzverdoppelten Nd:YAG Lasers

Je nach spektralem Umfang und Lage des absorbierten Lichts kann die Farbempfindung teilweise massiv verändert und eingeschränkt werden und es kommt zu einer Beeinflussung der Farbunterscheidungsfähigkeit bzw. der Farbkontrastwahrnehmung.

MacAdam (1942) beschreibt anhand von Ellipsen in der Farbtafel des Normvalenzsystems die Farbunterscheidungsschwellen des menschlichen Auges unter natürlichen Bedingungen im photopischen Sehen. Dabei stellt jede der Ellipsen einen Bereich innerhalb des Farbraums dar, in dem kein Farbunterschied zu dem zentral in der Ellipse liegenden Farbpunkt wahrgenommen werden kann (Abbildung 2).

Das Ziel der Untersuchung ist es, die Veränderung der Farbwahrnehmung durch Laserschutzfilter objektiv anhand der Farbunterscheidungsschwelle zu erfassen.

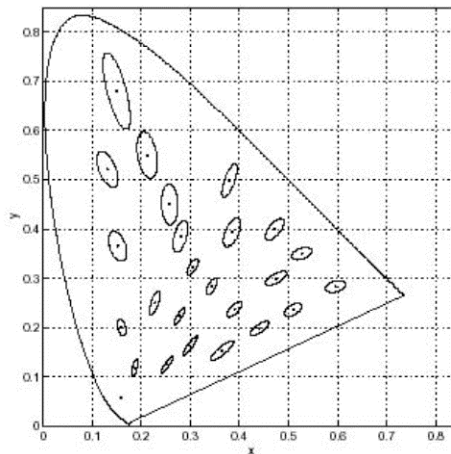


Abbildung 2: MacAdam Ellipsen in der Normfarbtabelle – die Ellipsen sind mit 10fach Vergrößerung dargestellt (nach MacAdam 1942)

2. Methode

In Anlehnung an die von MacAdam (1942) beschriebene Messmethodik steht ein neuartiger, auf LED- und Lichtleitfasertechnik aufbauender Messplatz zur Verfügung. Die LED-Technik ermöglicht die Erzeugung hochgesättigter Lichtfarben und damit die Darstellung eines großen Gamuts (Abbildung 3).

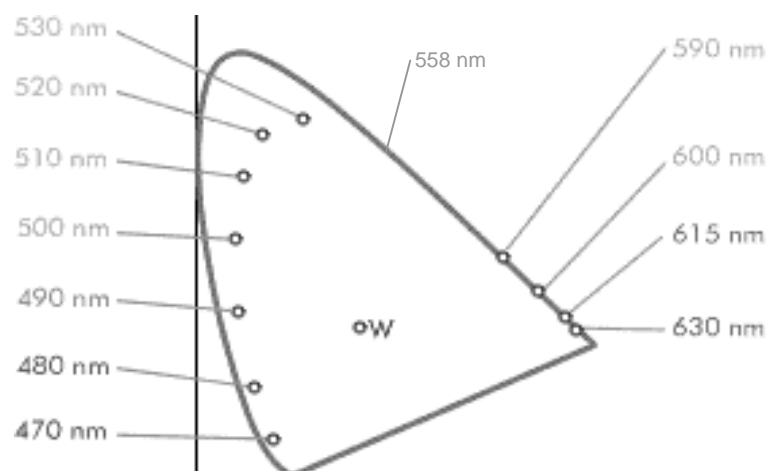


Abbildung 3: Die Lichtfarbe von LEDs liegt durch ihre hohe Sättigung nahe dem Rand der Normfarbtabelle. Dies ermöglicht einen großen darstellbaren Gamut

Das vertikal zweigeteilte Sehfeld wird dem Probanden unter einem Sehwinkel von 2° dargeboten. Daran schließt sich ein mattweißes Peripheriefeld an. Ausgehend von einem konstanten Farbton in einer Hälfte des Sehfeldes werden in der anderen Hälfte diskrete Farbtöne mit unter- bis überschwelligem Reizunterschied im Bezug auf die Referenz dargeboten. Die Veränderung des Farbtonunterschieds erfolgt bezüglich der Normfarbtafel in mehreren Achsen (Abbildung 4). Die Leuchtdichten aller dargebotenen Farbtöne des Sehfeldes und des weißen Umgebungsfeldes liegen auf einem konstanten Niveau.

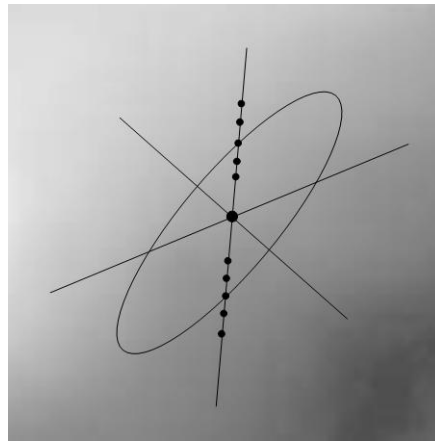


Abbildung 4: Um einen Farbton werden mit Hilfe der Schwellenwertmethode auf mehreren Achse die jeweilige Farbunterscheidungsschwelle ermittelt und die Ellipse definiert

3. Ergebnisse

Die Messungen erfolgen an Farbtonen des langwelligen Spektralbereichs orange/rot unter Einsatz von Laserschutzfiltern mit einer Absorptionskante bei 560 nm. Die Absorption der gesamten sichtbaren Strahlung <560 nm führt dazu, dass die S-Rezeptoren der Retina, deren Empfindlichkeitsmaximum bei 445 nm liegt, durch das ins Auge fallende Licht nicht mehr angesprochen werden. Eine Farbtonunterscheidung durch Veränderung des Blauanteils ist somit nicht wahrnehmbar. Es zeigen sich Ergebnisse ähnlich der Verwechslungsfarben einer Tritanopie (Blaublinkheit). Solange der Farbton einem Spektralwert >560 nm zuzuordnen ist, werden Farbtonunterschiede wahrgenommen, die auf eine veränderte Gewichtung des Grün- und Rotanteils zurückzuführen sind.

4. Diskussion

Die Ergebnisse zeigen, dass die Lage der Absorptionskante hauptsächlich die Größe und die Ausdehnung des sicher differenzierbaren Farbbereichs in der Normfarbtafel bestimmt. Weiterhin verdeutlichen die Ergebnisse eine massive Beeinträchtigung der Farbwahrnehmung und Farbunterscheidungsfähigkeit beim Tragen von Laserschutzfiltern mit den hier untersuchten Eigenschaften.

Auf Basis dieser Erkenntnisse muss ein Filterschutzglas nicht nur entsprechend zum Laser und dessen Wellenlänge, sondern ebenfalls passend zu den Gegebenheiten des Arbeitsumfeldes individuell ausgewählt werden. Eine FehlAbstimmung der beteiligten Faktoren kann zu negativen Einflüssen auf die Arbeitsergonomie führen, denn

das Erkennen geringer Farbtonunterschiede ist zur Durchführung der laserunterstützten Aufgaben in vielen Bereichen unabdingbar. Die durch den Farbkontrast bedingte Detailwahrnehmung der zu bearbeitenden oder zu behandelnden Struktur, sowie die sichere Ablesbarkeit von Anzeigen und insbesondere das Erkennen von Warnleuchten müssen stets gewährleistet bleiben.

Darüber hinaus kann aus den vorliegenden Ergebnissen aber auch ein Bedarf nach Schutzgläsern mit einer geringeren Beeinflussung der Farbwahrnehmung abgeleitet werden. Die auf dem Markt befindlichen Gläser erfüllen die aufgeführten Anforderungen an ein optimales Laserschutzglas nur ungenügend. Ein optimales Laserschutzglas hat im Bezug auf seine Transmissionseigenschaften einen Absorptionsbereich, der in erster Linie den Erfordernissen des Laserschutzes entspricht, darüber hinaus im sichtbaren Spektrum eine summierte Absorption, die eine maximale Farbkontrast-erkennbarkeit zulässt. Dies bedeutet nicht zwingend eine Beschränkung auf Absorption nur in einem schmalen Spektralbereich, sondern möglicherweise eine geeignet zu wählende Einstellung der Gesamtaborption. Die hierdurch auf ein Minimum reduzierte störende Beeinflussung der Farbwahrnehmung kann langfristig zu einer deutlichen Akzeptanzsteigerung auf Seiten der Anwender führen und dient insofern sowohl der Arbeitssicherheit als auch der Ergonomie.

5. Literatur

1. Berke, A. & Münschke, P. 1996, Screening - Prüfmethode der Optometrie. Heidelberg: DOZ-Verlag.
2. DIN- Taschenbuch 49. 2000, Farbmittel, Pigmente. Berlin: Beuth.
3. Hansen, T., Walter, S. & Gegenfurtner, K. 2007, Effects of spatial and temporal context on color categories and color constancy, *Journal of Vision*, 7, 1-15.
4. MacAdam, D. 1942, Visual sensitivities to color differences in daylight, *Journal of the Optical Society of America*, 32, 247-274.
5. Richter, M. 1981, Einführung in die Farbmatrik. Berlin: Walter de Gruyter.
6. Rinner, O. & Gegenfurtner, K. 2000, Time course of chromatic adaptation for color appearance and discrimination, *Vision Research*, 40, 1813 – 1826.

Dieses Projekt wird gefördert durch:

Leitprojekte Medizintechnik BayMed Förderkennzeichen: TP86b-IBN/p-1003

Untersuchung des Einflusses von hochfrequenter Schwingungsbelastung und unergonomischem Griff auf die Feinmotorik der Finger unterschiedlich alter Versuchspersonen

Stephan RIEDEL¹, Nikesh BUDDHDEV², Britta HUSEMANN² und Jens KINNE²

¹ *die ergonomie.experten, Montforter Str. 10, D-67824 Feilbingert*

² *Institut für Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin,*

Joh. Gutenberg-Universität Mainz, Obere Zahlbacher Str. 67, D-55131 Mainz

³ *Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin BAuA,
Proschhübel Str. 8, D-01099 Dresden*

Kurzfassung: Der Wissensstand über altersbedingte Einschränkungen und die Reduzierung der Leistungsfähigkeit einzelner Sinne und Fähigkeiten ist umfangreich. Bisher unzureichend erforscht ist jedoch der Einfluss dieser Einschränkungen auf die sichere Bedienung von Handmaschinen. Im Zuge des Forschungsprojektes der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) „Ermittlung des Einflusses altersabhängiger Veränderungen der Bedienperson auf die Anforderungen für die Konstruktion sicherer Handmaschinen“ wurde die Feinmotorik der Finger junger und alter Versuchspersonen nach einer hochfrequenten Schwingungsbelastung an einem unergonomischen Griff untersucht. Die Ergebnisse zeigen zu Beginn der Untersuchung bei älteren Versuchspersonen höhere Vibrationswahrnehmungsschwellen am Mittelfinger als bei Jüngeren. Bei allen Versuchspersonen trat nach der Exposition eine Verschlechterung der Sensibilität ein. Im Verlauf von fünf Minuten nach der Exposition kam es zu einer Erholung der Vibrationssensibilität. Diese erreichte in dieser Zeit jedoch nicht wieder den Ausgangszustand. Wie bei der Sensibilität konnte auch bei der Feinmotorik eine Verschlechterung nach der Exposition und eine Verbesserung nach der Pause beobachtet werden. Während beim Feinmotoriktest durch die Belastung kein verstärkender Effekt bei älteren Probanden eingetreten ist, konnte eine erhöhte Reduzierung der Wahrnehmungsschwelle nachgewiesen werden.

Schlüsselwörter: Alter, Vibration, Feinmotorik, Werkzeug.

1. Einleitung

Der Wissensstand über altersbedingte Einschränkungen und die Reduzierung der Leistungsfähigkeit einzelner Sinne und Fähigkeiten ist umfangreich (Arnold & Lang 1991). Bisher unzureichend erforscht ist jedoch der Einfluss dieser Einschränkungen auf die sichere Bedienung von Handmaschinen.

Im Zuge des Forschungsprojektes der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) „Ermittlung des Einflusses altersabhängiger Veränderungen der Bedienperson auf die Anforderungen für die Konstruktion sicherer Handmaschinen“ wurde am Beispiel eines kleinen Winkelschleifers (Schleifscheiben bis 150 mm) der Einfluss des Alters auf die Bedienungssicherheit untersucht.

Winkelschleifer mit Schleifscheiben bis 150 mm werden hauptsächlich am Gehäu-

se gegriffen (Griffdurchmesser > 60 mm). Um das Werkzeug sicher zu halten, müssen hohe Griffkräfte aufgebracht werden. Zusätzliche hochfrequente Vibrationen können beim Bediener zu einer Vertäubung und damit zu einer Reduzierung der Feinmotorik der Finger führen. Auf Grund der reduzierten Feinmotorik kann es vorkommen, dass der Benutzer nach Beendigung der Bedienung des Gerätes Schwierigkeiten bekommt, das Gerät am Rastschalter auszuschalten.

2. Methode

In einer Laboruntersuchung wurde der Einfluss der Vibrationsbelastung in Kombination mit einem unergonomischen Griff und hohen Greifkräften auf die Feinmotorik und die Vibrationssensibilität unterschiedlich alter Versuchspersonen untersucht.

2.1 Experimentelles Design

Um eine reproduzierbare Schwingungsbelastung zu gewährleisten, wurden die Versuche an einem Schwingungssimulator durchgeführt ($f_{\max} = 150$ Hz, $a_{\text{hwz}} = 6$ m/s², Expositionszeit $T = 60$ s). Mit Hilfe einer Kraftmesseinrichtung mit einer Anzeigeeinheit konnte eine konstante Ankopplungskraft von 90 N am unergonomischen Griff (Griffdurchmesser = 61 mm) von der Probanden eingehalten werden (Abbildung 1). Nach einer Pause von ca. 7 Minuten wurde der Versuch wiederholt.



Abbildung 1: Griff mit Greifkraftmesseinrichtung am Simulator / Purdue-Steckbrett

Vor und nach der Exposition der dominanten Hand wurde mittels eines Pallästhesiometers die Vibrationssensibilität am Mittelfinger der dominanten Hand gemessen. Zur Prüfung der Feinmotorik wurde ein Purdue-Steckbrett eingesetzt (Abbildung 1). Das Purdue-Steckbrett wird für Handfertigkeitstests benutzt und misst die groben Bewegungen von Hand, Fingern und Arm und die Fingerspitzenge schicklichkeit. Bei dieser Untersuchung müssen teilnehmende Versuchspersonen Metallstifte in vorgegebener Weise in ein Lochbrett einstecken. Der Beanspruchungsparameter ist die Anzahl gesteckter Stifte.

2.2 Versuchspersonen

An den Versuchen nahmen 38 Versuchspersonen im Alter von 19 bis 71 Jahren teil. Für die alterabhängige Auswertung wurden zwei Altersgruppen mit jeweils 19 Versuchspersonen gebildet (Tabelle 1).

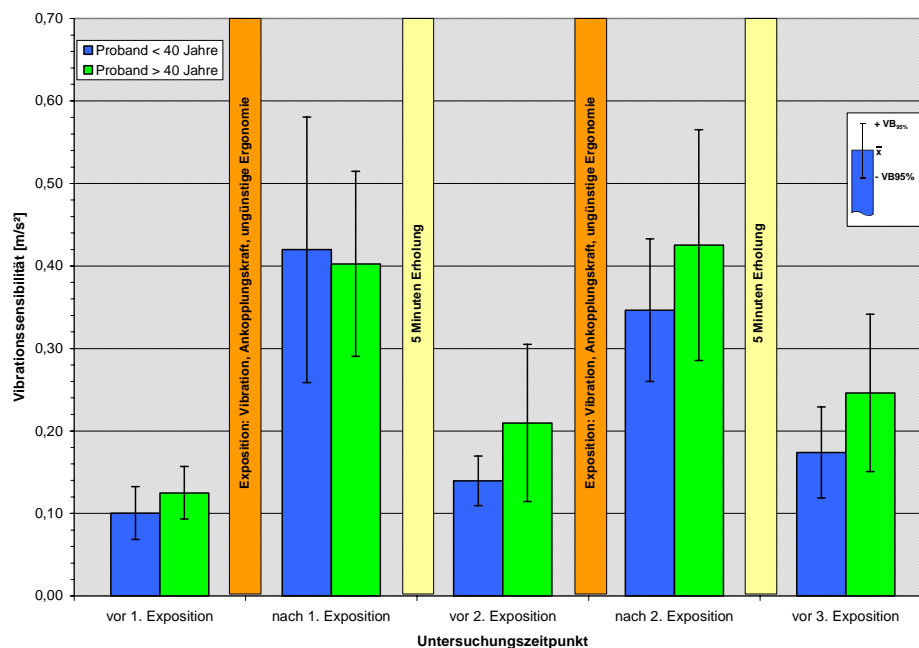
Tabelle 1: Alter der Versuchspersonen und Altersgruppen

Versuchspersonen	Alter (\bar{x})	minimal	maximal
bis 40 Jahre	29,2	19	39
über 40 Jahre	57,7	42	71

3. Ergebnisse

Die durchschnittliche Vibrationswahrnehmungsschwelle vor Beginn der Exposition liegt bei den Versuchspersonen unter 40 Jahren bei $0,100 \text{ m/s}^2$ der Altersgruppe „> 40 Jahre“ bei $0,125 \text{ m/s}^2$.

Bei allen Versuchspersonen tritt eine signifikante Verschlechterung der Vibrations-sensibilität am Mittelfinger nach der Exposition ein (< 40 Jahre: $a = 0,42 \text{ m/s}^2$; > 40 Jahre $a = 0,40 \text{ m/s}^2$). Fünf Minuten nach der ersten Exposition erholt sich die Sensibilität wieder ($0,14 \text{ m/s}^2$; $0,21 \text{ m/s}^2$). Die zweite Exposition führt wieder zu einer Verschlechterung der Wahrnehmungsschwellen, während die Pause erneut eine Erholung bringt. Vergleicht man die beiden Altersgruppen, so kann festgestellt werden, dass die jüngeren Probanden anfänglich $0,02 \text{ m/s}^2$ geringere Wahrnehmungsschwellen und im späteren Verlauf des Versuchs $0,07 \text{ m/s}^2$ geringere Werte aufweisen.

**Abbildung 2:** Vibrationssensibilität vor und nach der Exposition

Bei den Purdue-Steckbrett-Versuchen kann der größte Einfluss der Belastung beim Test der dominanten Hand und beim Zusammenstecken einer Baugruppe festgestellt werden (Abbildung 3 zeigt die Ergebnisse der dominanten Hand). Zu Beginn der Exposition ist durch die Wiederholung bei beiden Altersgruppen ein Übungseffekt zu beobachten. Die nachfolgenden Expositionen führen dazu, dass die Versuchspersonen weniger Stifte stecken können. In den anschließenden Pausen erholen sich alle Versuchspersonen wieder. Die Exposition scheint keinen zusätzlichen Einfluss auf die Altersabhängigkeit zu haben. Zwischen den beiden Altersgruppen beträgt der Unterschied während der kompletten Versuchsdauer ca. 0,8 bis 1,3 Stifte (Test „Baugruppe“: 4,7 bis 7,6 Stifte).

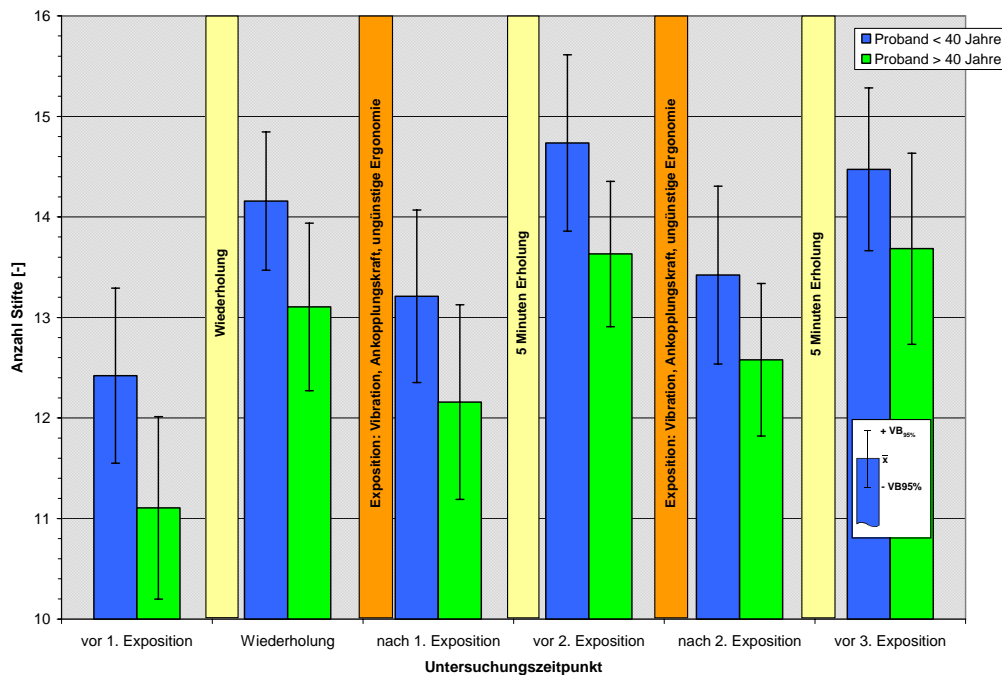


Abbildung 3: Ergebnisse beim Purdue-Steckbrett

4. Schluss

Mit den Versuchen konnte bestätigt werden, dass das Alter einen großen Einfluss auf die Wahrnehmungsschwelle (Ahrend 1994) wie auch die Feinmotorik hat (Desai et al. 2006; Harward & Griffin 2002). Eine Belastung durch Vibration, Ankopplungskraft und unergonomischen Bedingungen führt bei älteren Versuchspersonen zu einer verstärkten Abnahme der Vibrationssensibilität. Dies ist beim Feinmotoriktest nicht zu beobachten.

Mit den hier gewonnenen Erkenntnissen sollen nun Gestaltungsrichtlinien für sichere Arbeitsmittel definiert werden.

5. Literatur

1. Ahrend, D.-K. 1994, Validierung der Pallästhesiometrie als Screening-Methode zur Diagnostik der beruflichen Schwingungsbeanspruchung – Literaturstudie, Forschungsprojekt BMFT 01 HK 450 3. St. Augustin: HVBG.
2. Arnold, K. & Lang, E. 1991, Altern und Leistung - Medizinische, psychologische und soziale Aspekte. Stuttgart: Thieme.
3. Desai, K., Kene, K., Doshi, M. & More S. 2006, Normative Data of Purdue Pegboard on Indian Population, The Indian Journal of Occupational Therapy, XXXVII, 69-72.
4. Haward, B.M. & Griffin, M.J. 2002, Repeatability of grip strength and dexterity tests and the effects of age and gender, International Archives of Occupational and Environmental Health, 75, 111-119.
5. Mason, H.J., Poole, K. & Elms, J. 2005, Upper limb disability in HAVS cases—how does it relate to the neurosensory or vascular elements of HAVS ?, Occupational Medicine, 55, 389–392.

Das Projekt www.arbeitundbehinderung.at

Angela WEGSCHEIDER

*Institut für Gesellschafts- und Sozialpolitik,
Johannes Kepler Universität Linz,
Altenberger Strasse 62, A-4040 Linz*

Kurzfassung: Die Darstellung von Best Practice-Beispielen auf der Internetseite www.arbeitundbehinderung.at zeigt die Integration von Menschen mit Behinderung in den ersten Arbeitsmarkt, auch wenn Barrieren und Vorurteile zu überwinden waren, die oft eine Beschäftigung schon von vornherein verhindern. Die exemplarischen Einzelfälle stellen eine deskriptive Momentaufnahme aus mehr als 250 Interviewgesprächen dar. Die Best Practice-Beispiele geben einen eindrucksvollen Überblick über die Möglichkeiten von Beschäftigungsverhältnissen und präsentieren ein unerwartet großes Spektrum an betrieblichen Einsatzbereichen wie auch an Motiven und Impulsen, die zur Realisierung einer Beschäftigung führten.

Schlüsselwörter: Behinderung, Erwerbstätigkeit, Sensibilisierung.

1. Einleitung

Diskriminierungen und Zugangsbarrieren jeder Art erschweren behinderten Menschen die Teilhabe am Wirtschafts- und Gesellschaftsleben, gleichsam entmutigen sie betroffene Menschen, sich für eine Beschäftigung zu befähigen und diese auszuüben (OECD 2003). Einer Umfrage zufolge hält jede/r zweite Europäer/in Diskriminierung aufgrund einer Behinderung für verbreitet. Eine große Mehrheit (74 %) der Europäer/innen denkt, dass behinderte Arbeitnehmer/innen in der Arbeitswelt unterrepräsentiert sind bzw. in ihren Berufskarrieren übermäßig benachteiligt werden (Eurostat 2007).

Trotz Antidiskriminierungsgesetzen und Maßnahmen zur Förderung der Erwerbstätigkeit sind Menschen mit Behinderung verhältnismäßig stärker von Arbeitslosigkeit betroffen als nicht-behinderte Menschen. In der Analyse ihrer Arbeitslosigkeit fällt besonders auf, dass sie meist länger dauert, dass vor allem behinderte Jugendliche, die nach sonderpädagogischem Lehrplan unterrichtet wurden, behinderte Personen mit geringer bzw. ohne abgeschlossene Berufsausbildung, behinderte Frauen und behinderte Menschen, die über 50 Jahre alt sind, betroffen sind (vgl. BMSG 2003a, b; Priewasser & Woukonig 2006; BSB 2007; AMS 2007).

Wie eine Untersuchung in Oberösterreich (Dyk et al. 2002) zeigt, haben Arbeitgeber/innen, die keine Mitarbeiter/innen mit Behinderung beschäftigen, eine völlige andere Vorstellung von den Einsatzbereichen von behinderten Menschen als jene, die behinderte Arbeitnehmer/innen beschäftigen. In Oberösterreich dominieren bei den tatsächlichen Einsatzbereichen von Menschen mit Behinderung die Bereiche Produktion (45 %), gefolgt von der Administration (36 %), Lagerbewirtschaftung, Logistik, Konstruktion und Instandhaltung (bei 10 %) und die EDV mit 6 %. Unternehmen, die keine Arbeitnehmer/innen mit Behinderung beschäftigen, begründeten dies meist mit dem Fehlen von geeigneten Arbeitsbereichen in ihrem Betrieb. Sie haben aber auch völlig andere Vorstellungen von den potentiellen Einsatzbereichen und gaben an, behinderte Menschen arbeiten eher in der Administration (38 %), in der EDV (20 %),

in der Reinigung, in der Lagerbewirtschaftung, in der Telefonzentrale und schließlich im Produktionsbereich mit 6 %.

Neben gesetzlichen Maßnahmen bedarf es daher einer verstärkten Sensibilisierung der Öffentlichkeit, um soziale Ausgrenzung zu reduzieren und die Jobaussichten zu erhöhen. www.arbeitundbehinderung.at, ein Projekt der Sozialpartner und der Johannes Kepler Universität Linz, enthält mehr als 60 qualitativ erhobene Einzelfalldarstellungen der Beschäftigung von Menschen mit Behinderung in den unterschiedlichsten Bereichen. Die Best Practice-Beispiele informieren unschwerflich über die Chancen und den Nutzen der Beschäftigung von Menschen mit Behinderung und weisen auf die gesellschaftspolitische Bedeutung einer Erwerbstätigkeit für jede/n einzelne/n und für die Gesellschaft hin.

2. Methode

Für die Internetseite www.arbeitundbehinderung.at wurden Interviews mit Arbeitgeber/innen, Arbeitnehmer/innen, involvierten Institutionen (wie Arbeitsmarktservice und Bundessozialamt) wie auch mit Trainer/innen und Arbeitsassistent/innen über das Zustandekommen und die Rahmenbedingungen der Arbeitsverhältnisse geführt. Mittels Recherche und leitfadenstrukturiertem Interview wurden im Detail eine Arbeitsplatzbeschreibung sowie ein Firmenprofil erstellt, ebenso wurden die rechtlichen und finanziellen Rahmenbedingungen des jeweiligen Arbeitsverhältnisses, wie z.B. die Unterstützung durch das Bundessozialamt oder andere Finanzierungsträger, erläutert. Neben der persönlichen Qualifikation und dem Werdegang der behinderten Mitarbeiter/innen wird auch auf die Art des Arbeitsverhältnisses (wie z.B. Dauer der Beschäftigung oder Arbeitszeitausmaß) sowie auf die Zufriedenheit aller Beteiligten (wie z.B. Vorgesetzte, Kollegen/innen und betroffene Arbeitnehmer/innen) eingegangen. Zudem wurden die subjektive Einstellung und Werthaltung wie auch die persönlichen Sichtweisen der Beteiligten erhoben und am Ende die Informationen deskriptiv dargestellt. Die exemplarischen Einzelfälle stellen eine deskriptive Momentaufnahme aus mehr als 250 Interviewgesprächen dar.

Das Cluster, d.h. die 60 Beispiele, wurde anhand folgender Kriterien ausgewählt: Streuung der soziodemografischen Merkmale der Arbeitnehmer/innen und Art der Behinderung, Art der Beschäftigung, Berufsbild, Branche, Firmengröße, regionale Herkunft (vgl. Dyk & Wegscheider 2004). Die Beispielsammlung erfuhr seit 2003 ein dreimaliges Updating, wobei die geringe Fluktuation der behinderten Arbeitnehmer/innen besonders positiv aufgefallen ist.

3. Ergebnisse

Die Internetplattform www.arbeitundbehinderung.at zeigt mit 60 Beispielen der Beschäftigung von Menschen mit Behinderung, wie eine erfolgreiche berufliche Integration von behinderten Menschen, sei es in der Privatwirtschaft oder im öffentlichen Dienst, sei es als selbstständig oder unselbstständig Erwerbstätige, aussehen kann.

Ein Beispiel eines langjährigen Mitarbeiters, der im Laufe seiner Betriebszugehörigkeit eine Behinderung erworben hat, zeigt, wie Unternehmen bei gutem Willen aller Beteiligten auch in schwierigen Situationen ein Arbeitsverhältnis aufrechterhalten können. Der langjährige Mitarbeiter N. M. (geb. 1953) ist wegen einer Nierenerkrankung seit 1998 auf das Dialysegerät zur mechanischen Blutreinigung angewiesen.

Arbeitgeber und Arbeitnehmer konnten eine frühzeitige Pensionierung durch die Adaption der arbeitstechnischen und arbeitsorganisatorischen Rahmenbedingungen abwenden. Das Arbeitspensum wurde auf die Erfordernisse von Herrn N. M. abgestimmt, sodass er seine Arbeitsstelle jeweils für ein bis zwei Stunden verlassen konnte, um im Vier-Stundenrhythmus die mechanische Blutreinigung durchzuführen. Der Betriebsarzt stellte zu diesem Zweck seine Räumlichkeiten zur Verfügung. Mittlerweile führt Herr N. M. die Blutreinigung mittels kontinuierlicher ambulanter Peritonealdialyse (CAPD-Dialyse) durch und kann dies großteils während des nächtlichen Schlafes erledigen. Herr N. M. zeichnete sich stets durch erstklassige Arbeitsleistung und hohes Engagement aus, so der Arbeitgeber: „Einen langjährigen Mitarbeiter wegen einer gesundheitlichen Beeinträchtigung zu kündigen, stand nie zur Debatte.“ (Beispiel 26)

Die Beschäftigung von Menschen mit Behinderung kann ein Mehrwert für Arbeitnehmer und Arbeitgeber sein, besonders in sozialer Hinsicht, wie ein weiteres Beispiel veranschaulicht. Die Einstellung von Herrn J. T. (Jahrgang 1988, Lernbehinderung) als Bürogehilfen führte zu einer großen Steigerung seines Selbstbewusstseins. „Ich habe einen „normalen Beruf“, so Herr T. ganz stolz. Eigentlich hätte Herr T. eine Arbeit in einer Behindertenwerkstätte begonnen. Es gibt tolle Erfahrungen auf beiden Seiten: „J.'s strahlendes und ehrliches Lachen zeigt, dass er sich wohl fühlt und wir haben menschlich so viel Positives zurückbekommen, wenngleich jeder Tag eine neue Herausforderung für Herrn T. und für das Unternehmen ist.“ (Beispiel 43)

Die größte Herausforderung war der Kontakt zu Arbeitnehmer/innen mit psychischer Behinderung. Generell ist anzumerken, dass die Gesellschaft einer psychischen Erkrankung ablehnender gegenübersteht als z.B. einer sogenannten geistigen Behinderung. Die Angst von psychisch-beeinträchtigten Menschen vor einem "Outing" ist daher groß. Derzeit gibt es zwei Best Practice-Beispiele, in denen das Beschäftigungsverhältnis von Personen mit psychischer Behinderung vorgestellt wird.

Die Best Practice-Sammlung dieser Internetseite gibt einen eindrucksvollen Überblick über die Beschäftigungsverhältnisse, wie auch über Motive und Impulse, die zur Realisierung einer Beschäftigung führen. Es wird gezeigt, in wie vielen unterschiedlichen Bereichen Arbeitnehmer/innen mit Behinderung tätig sind, dass die Beschäftigung von behinderten Menschen sich nicht auf Niedriglohnbereiche reduzieren lässt und mit welchen Barrieren beide Gruppen zu kämpfen hatten.

Erfahrungen machen deutlich, dass die Beschäftigung von Menschen mit Behinderung dem wirtschaftlichen Erfolg in keiner Weise abträglich ist, im Gegenteil: Von Seiten der Unternehmen wurde immer wieder der große Wille zur Leistung hervorgehoben. Viele Vorgesetzte und Personalverantwortliche der befragten Betriebe geben an, es bestehe ein hoher Identifikationsgrad mit der Firma sowie eine hohe Arbeitsbereitschaft, mit der die Behinderung kompensiert werde. Der integrationsfördernde Umgang von Menschen mit Behinderung im Betrieb trägt auch zur Erhöhung der sozialen Kompetenz aller Mitarbeiter/innen und zur Imageförderung des Unternehmens bei.

Die Internetseite als Sensibilisierungsprojekt versucht Vorurteile und Barrieren abzubauen, die einer Beschäftigung von Menschen mit Behinderung und auch einem „normalen“, alltäglichen Umgang schon von vornherein im Wege stehen. Trotz bestehender Antidiskriminierungsgesetze sind Menschen mit Behinderung Ungleichbehandlungen in allen Lebensbereichen ausgesetzt, da die Einhaltung dieser Gesetze auch mit einer gesellschaftlichen Werthaltung zusammenhängt. Behinderung darf nicht als "isoliertes" Problem der Betroffenen und der Beteiligten, wie Interessensvertretungen, einschlägige Sozialeinrichtungen, Arbeitsmarktservice und Unternehmen,

die anhand ihrer Größe verpflichtet sind, Menschen mit Behinderung zu beschäftigen, gesehen werden (vgl. Dyk 2002), sondern es müssen Maßnahmen zur Bewusstseinsbildung und Sensibilisierung, planbare Förderprogramme sowie maßgeschneiderte Qualifizierungsmaßnahmen entwickelt werden, die der gesamtgesellschaftlichen Entwicklung Rechnung tragen können.

4. Literaturverzeichnis

1. AMS 2007, Arbeitsmarktforschung und Berufsinformation, Sonderauswertungen. Wien: AMS.
2. Wegscheider, A. 2003, Arbeit und Behinderung, 60 Best-Practice-Beispiele, www.arbeitundbehinderung.at (Zugriff am 06.12.2007).
3. BMSG 2003a, BABE 2005, Bundesweites arbeitsmarktpolitisches Behindertenprogramm. Wien: BMSG, 11-16.
4. BMSG 2003b, Bericht der Bundesregierung über die Lage der behinderten Menschen in Österreich. Wien: BMSG, 13-14.
5. Bundessozialamt 2007, Geschäftsbericht 2006. Wien: Bundessozialamt, 11-26.
6. Dyk, I. 2002, Arbeitsmarktchancen für Menschen mit Behinderung. Eine empirische Untersuchung in oberösterreichischen Unternehmen, Forschungsbericht. Linz: Institut für Gesellschafts- und Sozialpolitik der Johannes Kepler Universität.
7. Dyk, I. & Wegscheider A. 2004, Projektbericht Internetportal www.arbeitundbehinderung.at, 5-22.
8. EUROSTAT 2007, Diskriminierung in der Europäischen Union, Eurobarometer Spezial 263. Brüssel: Europäische Kommission, 14-21 & 47-54.
9. OECD 2003, Behindertenpolitik zwischen Beschäftigung und Versorgung. Wien: Campus, 15.
10. Priewasser, E. & Wukounig, M. 2006, Chancen und Probleme von Jugendlichen mit sonderpädagogischem Förderbedarf in Schule und Beruf, Dissertation. Linz: Johannes Kepler Universität, 183.

www.arbeitundbehinderung.at ist ein Projekt der Johannes Kepler Universität Linz zusammen mit der Arbeiterkammer, der Industriellenvereinigung, des Österreichischen Gewerkschaftsbundes, der Wirtschaftskammer, der Allgemeinen Unfallversicherungsanstalt, des Arbeitsmarktservices, des Bundessozialamtes, des Hauptverbandes der Sozialversicherungsträger, der Österreichischen Arbeitsgemeinschaft für Rehabilitation, des Bundesministeriums für soziale Sicherheit und Konsumentenschutz, sowie des Bundesministeriums für Wirtschaft und Arbeit.

Arbeitsbewertung

Checkliste und Leitlinie – zwei Werkzeuge zur Beurteilung körperlicher Belastungen durch Zwangshaltungen und Lastenmanipulation

Bernd HARTMANN

*BG der Bauwirtschaft, Holstenwall 8 – 9, D-20355 Hamburg
und Forum Arbeitsphysiologie der DGAUM*

Kurzfassung: Ursachen und Folgen gesundheitlicher Beeinträchtigungen am Muskel-Skelett-System durch Zwangshaltungen und Lastenhandhabung stehen in einem engen Zusammenhang. Sie erfordern eine gemeinsame Beurteilung bei arbeitswissenschaftlichen Fragestellungen und Aufgaben. Zwei Konsensgruppen haben im Rahmen des Forums Arbeitsphysiologie der Deutschen Gesellschaft für Arbeitsmedizin sowie des Ausschusses für Arbeitsmedizin bei der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (AK 1.7) eine Leitlinie bzw. eine Checkliste zur praktischen Gefährdungsbeurteilung erarbeitet.

Schlüsselwörter: Lastenhandhabung, Zwangshaltungen, Vorsorge, Gefährdungsbeurteilung.

1. Einleitung

Beschwerden und Leistungseinschränkungen des Muskel-Skelett-Systems sind wesentliche Ursachen für Einschränkungen der Leistungs- und Berufsfähigkeit. Sie sind zurückzuführen auf Über- und Fehlbelastungen durch schlechte ergonomische Anforderungen und Bedingungen der Arbeit, auf Defizite der individuellen Belastbarkeit und auf psychosomatisch bedingte Einschränkungen der Bewältigungsfähigkeit von Arbeit. Unter den arbeitsbedingten Ursachen und Folgen gesundheitlicher Beeinträchtigungen am Muskel-Skelett-System – insbesondere am Rücken - stehen Zwangshaltungen und Lastenhandhabung in einem engen Zusammenhang untereinander. Sie erfordern eine gemeinsame Beurteilung bei arbeitswissenschaftlichen Fragestellungen und Aufgaben.

2. Ziel und Methodik

Zwei Konsensgruppen haben im Rahmen des Forums Arbeitsphysiologie der Deutschen Gesellschaft für Arbeitsmedizin sowie des Ausschusses für Arbeitsmedizin bei der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (AK 1.7) eine Leitlinie bzw. eine Checkliste zur praktischen Gefährdungsbeurteilung erarbeitet.

In einer Konsensdiskussion des Forum Arbeitsphysiologie der DGAUM ist eine wissenschaftliche Leitlinie entwickelt worden, die sich sowohl der Lastenhandhabung als auch den Zwangshaltungen zuwendet und deren Wechselwirkungen einbezieht. Durch die Verbindung des arbeitsphysiologischen, biomechanischen, epidemiologischen und klinisch-medizinischen Erkenntnisstandes sowie arbeitswissenschaftlicher Normen und Regeln sollte eine Basis geschaffen werden, um bei medizinischen Einschätzungen, Gefährdungsbeurteilungen, arbeitswissenschaftlicher Gestaltung und Rehabilitationsempfehlungen von gleichen Kriterien auszugehen.

Das Ziel der Checkliste ist es, eine erste Stufe der Gefährdungsbeurteilung belastender Arbeitsplätze unter Berücksichtigung der Wechselwirkungen zwischen Lastenhandhabung, Zwangshaltungen und repetitiven Arbeiten insbesondere für Klein- und Mittelbetriebe zu entwickeln.

3. Ergebnisse

3.1 Definitionen der Leitlinie

Manuelle Lastenhandhabung ist das Heben, Senken, Tragen, Um- oder Absetzen, Halten, Schieben, Ziehen oder vergleichbares Bewegen von Lasten mittels menschlicher Körperkraft. Die von ihr ausgehende Belastung wird bestimmt durch die Lastgewichte bzw. aufzubringende Aktionskräfte, die Körperhaltungen und -bewegungen während der Lastenhandhabungen, die Häufigkeiten der Wiederholungen und die Dauer der Lastenhandhabungen sowie die Verteilung von Belastungs- und Erholungszeiten innerhalb jedes Arbeitszyklus und jeder Arbeitsschicht. Lastenhandhabung kann bei hoher Belastung zur Ermüdung der Muskulatur, zur allgemeinen körperlichen Ermüdung sowie zu dauerhaften Beschwerden und Erkrankungen des Muskel-Skelett-Systems einschließlich struktureller Schäden z. B. an Gelenkknorpel und Bandscheiben führen.

Körperliche Zwangshaltungen sind solche Körperhaltungen, die bedingt durch die ausgeführte Arbeit über längere Zeit mit geringen Bewegungsmöglichkeiten eingenommen werden. Sie wirken als statische Muskelbelastungen und durch hohen Druck an Gewebsstrukturen insbesondere bei extremen Winkelstellungen mit Störungen der Knorpel- und Bandscheiben-Ernährung.

Zu den Zwangshaltungen zählen insbesondere Arbeiten in Rumpfbeuge, Arbeiten im Hocken und Knien, Halten der Arme über Schulter- bzw. über Kopfniveau sowie Arbeiten im Liegen, erzwungene Sitzhaltungen in vorbestimmten Positionen, sowie das Stehen ohne größere Bewegungsmöglichkeit über eine längere Zeit.

Mögliche Folgen der Zwangshaltungen sind lokale Ermüdung und Schmerzen (unspezifische Rückenschmerzen), Funktionsstörungen besonders bei langer Einwirkungsdauer oder Zusatzbelastungen sowie sehr selten auch Schädigungen der betroffenen Knochen- und Gelenkstrukturen an der Wirbelsäule.

Die Ermittlung und Beurteilung der Belastungen für beide Belastungsformen erfolgt überwiegend indirekt durch die Interpretation kurzfristiger Beanspruchungswirkungen oder langfristiger Beanspruchungsfolgen an repräsentativen Personengruppen. Nach Art der Belastungen und angestrebtem Niveau stehen unterschiedliche physiologische und psychophysische Zugangswege zur Ermittlung zur Verfügung.

3.2 Kriterien der Checkliste

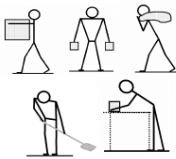
Die Checkliste soll dazu dienen, die im Grundsatz der arbeitsmedizinischen Vorsorge „Belastungen des Muskel-Skelett-Systems einschließlich Vibrationen“ G 46 berücksichtigten körperlichen Belastungen bei der Arbeit auf einfache Weise zu erkennen. Die in der Checkliste genannten Werte basieren vielfach auf Schätzungen auf der Basis arbeitsmedizinischer und arbeitswissenschaftlicher Erkenntnisse. Bei der Anwendung dieser Checkliste werden folgende Prinzipien (vgl. Tabelle 1) vorausgesetzt:

Es wird zu jeder Belastungsform eine Einschätzung gegeben, ob sie zutreffend ist und die jeweilige Belastung aufgrund der Häufigkeit und / oder Intensität besonders hoch ist.

Zu jeder Belastungsform kann ergänzend dokumentiert werden, ob erhöhte subjektive Beanspruchungen (Beschwerden bzw. Erkrankungen) im betreffenden Unternehmen bekannt geworden sind, die auf diese Belastungsformen zurückgeführt werden. Die Beant-

wortung ist zur Einschätzung nicht zwingend erforderlich.

Tabelle 1: Ausschnitt aus der Checkliste: Belastungsart, Orientierungsfrage, Belastungseinschätzung des Experten, Bestätigung durch Beanspruchungsdaten

Belastungsart	Orientierungsfrage (bezogen auf Tätigkeiten typischer Arbeitsschichten)	Erhöhte Belastung		Tätigkeits- spez. Be- schwerden bekannt?																								
		Ja	Nein																									
1. Manuelle Lastenhandhabung																												
Heben, Halten, Tragen 	Werden folgende Belastungen erreicht oder überschritten? <table><tr><th rowspan="2">Art der Last- handhabung</th><th colspan="2">Frauen</th><th colspan="2">Männer</th></tr><tr><th>5 – 10 kg</th><th>10 - 15 kg</th><th>10 – 15 kg</th><th>15 – 20 kg</th></tr><tr><th colspan="5">Häufigkeit pro Arbeitstag</th></tr><tr><td>Heben</td><td>100</td><td>50</td><td>100</td><td>50</td></tr><tr><td>Halten, Tragen (ab 5 s Dauer)</td><td>60</td><td>30</td><td>60</td><td>30</td></tr></table>	Art der Last- handhabung	Frauen		Männer		5 – 10 kg	10 - 15 kg	10 – 15 kg	15 – 20 kg	Häufigkeit pro Arbeitstag					Heben	100	50	100	50	Halten, Tragen (ab 5 s Dauer)	60	30	60	30	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Art der Last- handhabung	Frauen		Männer																									
	5 – 10 kg	10 - 15 kg	10 – 15 kg	15 – 20 kg																								
Häufigkeit pro Arbeitstag																												
Heben	100	50	100	50																								
Halten, Tragen (ab 5 s Dauer)	60	30	60	30																								

Manuelle Lastenhandhabung:

- Heben, Halten, Tragen: Es wird erfragt, ob das Heben, Halten oder Tragen von Lasten häufig oder mit besonders hoher Intensität zu gesundheitsgefährdenden Belastungen führt. Es sollen bandscheibenbedingte Erkrankungen und andauernde muskuläre Beschwerden ausgeschlossen werden. Als Orientierungsgrößen gelten solche Belastungen, bei denen nach den Konsenskriterien der BK 2108 „Bandscheibenbedingte Erkrankungen der Lendenwirbelsäule durch das Heben und Tragen schwerer Lasten ...“ die Unterlassung der verursachenden Tätigkeit gegeben
- Ziehen und Schieben: Als Orientierungsgröße gilt das Ziehen und Schieben mit großer Kraftanstrengung über kurze Distanzen regelmäßig (40 x pro Arbeitstag) oder über längere Distanzen (Gesamtstrecke 500 m pro Arbeitstag).

Erzwungene Körperhaltungen:

- Erzwungenes Sitzen: Es werden durch Arbeitsplatz bzw. Arbeitsaufgabe erzwungene Sitzhaltungen betrachtet, die im überwiegenden Teil des Arbeitstages keinen Spielraum für entlastende Haltungsänderungen haben und nicht durch regelmäßige Kurzpausen unterbrochen werden können (Kontrollaufgaben an Mikroskopierarbeitsplätzen, keine Tätigkeit am Bildschirmarbeitsplatz - siehe hierzu Grundsatz G 37). Als Beurteilungsrichtwert gelten etwa 2 Stunden ohne wirksame Pause.
- Dauerhaftes Stehen ohne eine wirksame Unterbrechung durch Bewegungsmöglichkeiten oder Sitzunterstützung von insgesamt etwa 4 Stunden pro Arbeitstag belastet besonders den unteren Rücken und die unteren Extremitäten.
- Arbeiten in Rumpfbeuge: Durch die Arbeitsaufgabe bedingte Rumpfvorbeugungen ab mindestens 20°, die mindestens etwa 1 Stunde ohne wirksame Pausen andauern, sollten zur Prävention Anlass geben, wenn die Beschäftigten über erhöhte subjektive Beanspruchungen (z. B. gehäufte Beschwerden) klagen.
- Hocken, Knien, Liegen: Als Beurteilungsrichtwerte für die Prävention können Arbeiten im Hocken und/oder Knien ab 1 Stunde und Arbeiten im Liegen (z.B. Behälterbau, Schiffsbau) ab 2 Stunden pro Arbeitstag gelten, soweit die Beschäftigten über erhöhte subjektive Beanspruchungen (gehäufte Beschwerden) klagen.
- Arme über Schulterniveau über längere Zeitabschnitte führen zu statischen Muskelbelastungen, fördern schmerzhafte Funktionsstörungen und belasten durch häufiges Heben und Halten besonders schwerer Lasten zusätzlich die Schultern.

Tätigkeiten ab insgesamt 2 Stunden pro Arbeitstag sollten Anlass zur Prävention sein.

Arbeiten mit erhöhter Kraftanstrengung oder Krafteinwirkung

- Hier sind seltene und sehr verschiedene Belastungsformen zusammengefasst worden, die unterschiedliche Wirkungen auf das Muskel-Skelett-System haben: Schwer zugängliche Arbeitsstellen (Steigen, Klettern), Einsatz des Hand-/Arm-Systems als Werkzeug (Klopfen, Schlagen, Drücken), Kraft-/Druckeinwirkung bei der Bedienung von Arbeitsmitteln.

Repetitive Tätigkeiten mit hohen Handhabungsfrequenzen

- Wenn Arbeiten gleichförmig ununterbrochen >1 Stunde mit ständig wiederkehrenden gleichen Schulter-, Arm- und/oder Hand-Bewegungen auszuführen sind, besteht ein erhöhtes gesundheitliches Risiko für die Sehnenansätze der hauptsächlich beanspruchten Muskulatur sowie bei langer Dauer auch für die beteiligten Gelenke. Stark erhöhte Krafteinwirkungen oder extreme Gelenkstellungen (maximale Beugungen / Streckungen / Seitenabweichungen der Gelenke) erhöhen das Risiko zusätzlich. Der Belastungsrichtwert von 1 Stunde stellt einen Erfahrungswert dar, der erheblich variieren kann. Belastungen an Bildschirmarbeitsplätzen sind im G 37 berücksichtigen.

Ganzkörper- und Hand-Arm-Vibrationen

- Die arbeitsmedizinische Vorsorge als Angebot an die Beschäftigten bei Überschreiten der Auslösewerte oder als Pflicht zur Ausübung der Tätigkeit wegen Erreichen oder Überschreiten der Expositionsgrenzwerte ergibt sich sowohl bei Hand-Arm-Vibrationen als auch bei Ganzkörper-Vibrationen aus der Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung (2007).

4. Schlussfolgerungen

Die Leitlinie erlaubt eine wissenschaftsbasierte Beurteilung beider Belastungsformen. Diese hat Konsequenzen für die interdisziplinäre Arbeit, für die Gefährdungsbeurteilung betrieblicher Praktiker, die medizinische Beratung über geeignete verhaltensbezogene Präventionsmaßnahmen und die berufsbezogene Rehabilitation.

Die Checkliste überträgt die Erkenntnisse in die Praxisanwendung.

5. Literatur

1. Hartmann, B., Hecker, C., Ellegast, R., Steinberg, U., Schäfer, K., Jäger, M., Luttmann, A., Kuserow, H., Meixner, U. & Neugebauer, G. 2007, Eine Checkliste zur Prüfung des Angebots arbeitsmedizinischer Vorsorge bei körperlichen Belastungen des Muskel-Skelett-Systems, Arbeitsmedizin Sozialmedizin Umweltmedizin, 42, 499 – 507.
2. Hartmann, B. und Autorenkollektiv 2008, Leitlinie: Bewertung körperlicher Belastungen des Rückens durch Lastenhandhabung und Zwangshaltungen im Arbeitsprozess. Forum Arbeitsphysiologie der Deutschen Gesellschaft für Arbeitsmedizin und Umweltmedizin, (in Vorbereitung).

Berufliche Belastungen durch Lastenhandhabung und Körperhaltung – Ergebnisse der Deutschen Wirbelsäulenstudie

Dirk DITCHEN¹, Rolf ELLEGAST¹, Annekatrin BERGMANN²,
Ulrich BOLM-AUDORFF³, Matthias JÄGER⁴, Oliver LINHARDT⁵,
Martina MICHAELIS⁶ und Andreas SEIDLER⁷

¹ BGIA - Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen
Unfallversicherung, Alte Heerstr. 111, D-53757 Sankt Augustin

² Institut für medizinische Epidemiologie, Biometrie und Informatik der Universität
Halle/Wittenberg, Magdeburger Straße 27, D-06097 Halle/Saale

³ Landesgewerbearzt Wiesbaden, Regierungspräsidium Darmstadt,
Simone-Veil-Straße 5, D-65187 Wiesbaden

⁴ Institut für Arbeitsphysiologie an der Universität Dortmund,
Ardeystr. 67, D-44139 Dortmund

⁵ Orthopädische Universitätsklinik Regensburg,
Kaiser-Karl-V-Allee 3, D-93077 Bad Abbach

⁶ Freiburger Forschungsstelle für Arbeits- und Sozialmedizin,
Bertoldstraße 27, D-79098 Freiburg

⁷ Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin,
Nöldnerstr. 40-42, D-10317 Berlin

Kurzfassung: Mit der Deutschen Wirbelsäulenstudie (DWS) wurden vermutete Dosis-Wirkung-Beziehungen zwischen arbeitsbedingten Wirbelsäulenbelastungen und der Ausbildung bandscheibenbedingter Erkrankungen der Lendenwirbelsäule geprüft. Dazu wurde ein hoher Aufwand insbesondere zur quantitativen Beschreibung der beruflichen Exposition betrieben. Ziel dieser Ermittlungen war es, die relevanten „externen“ Belastungen eines Probanden über das gesamte Berufsleben zu erfassen, um diese später in „interne“ Belastungen in Form von Bandscheibendruckkräften umzusetzen, daraus kumulative Dosiswerte zu berechnen und schließlich Dosis-Wirkung-Beziehungen prüfen zu können.

Schlüsselwörter: Lastenhandhabung, Wirbelsäulenbelastung, Expositionsermittlung, Fall-Kontroll-Studie.

1. Einleitung

Die Deutsche Wirbelsäulenstudie (DWS) ist eine von der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV) geförderte Fall-Kontroll-Studie zur Untersuchung von Dosis-Wirkung-Beziehungen zwischen arbeitsbedingten Belastungen der Wirbelsäule durch manuelle Lastenhandhabungen sowie belastungsintensive Körperhaltungen und der Ausbildung bestimmter bandscheibenbedingter Erkrankungen der Lendenwirbelsäule (LWS).

Besonderheiten dieser multizentrischen Studie gegenüber früheren Untersuchungen auf diesem Gebiet sind u.a. die große Anzahl der Probanden (1816), die Einbeziehung von Männern und Frauen, die Untersuchung streng definierter Krankheitsbilder (LWS-Prolaps, LWS-Chondrose) sowie die individuelle Bestimmung der Wirbel-

säulenbelastung für jeden relevanten Vorgang mittels eines biomechanischen Modells sowie nachfolgende Dosisberechnungen, die auf einer umfassenden Expositionsermittlung durch arbeitstechnische Experten der gesetzlichen Unfallversicherung basieren.

Im Folgenden werden die Durchführung dieser Expositionsermittlung sowie erste daraus abgeleitete Ergebnisse dargestellt.

2. Methode

Die Rekrutierung der insgesamt 915 Fall-Probanden (= Patienten) erfolgte in bestimmten Kliniken und orthopädischen Praxen in den Regionen der „medizinischen“ Studienzentren Frankfurt am Main, Freiburg, Halle/Saale und Regensburg. Die 901 teilnahmebereiten Kontroll-Probanden wurden zufällig aus der Allgemeinbevölkerung derselben Studienregionen ausgewählt. Eine detaillierte Darstellung der Probandenrekrutierung ist in Linhardt et al. (2007) dargestellt.

Zur Identifizierung derjenigen Probanden, die eine im Sinne der Studie relevante Wirbelsäulenbelastung aufwiesen, wurde mit allen teilnehmenden Probanden ein erstes Interview durch geschulte Laien-Interviewerinnen geführt. Inhalte dieses „Erst-interviews“ waren neben Daten zur Gesundheit und zum Freizeitverhalten auch arbeitsbedingte Belastungen in Form von manuellen Lastenhandhabungen wie Heben, Tragen, Ziehen und Schieben von Lastgewichten sowie Arbeiten in ungünstigen Körperhaltungen. Als relevant belastet wurden diejenigen Probanden betrachtet, die in ihrem Arbeitsleben gewissen Mindestexpositionen bzgl. manueller Lastenhandhabung (z.B. für Männer: mindestens 600 kg kumulatives Lastgewicht pro Arbeitsschicht, beidhändig gehoben), belastungsintensiven Körperhaltungen (z.B. mindestens 10 min pro Tag Arbeiten in extremer Rumpfbeugehaltung) und/oder der Einwirkung von Ganzkörperschwingungen (mindestens 2 h pro Tag) ausgesetzt waren (s. Ellegast et al. 2007). Von den auf diese Weise identifizierten 1317 relevant belasteten Probanden erklärten sich schließlich 1202 Probanden zur Teilnahme an der für die spätere Dosisberechnung notwendigen intensiven Expositionsermittlung durch Mitarbeiter der Technischen Aufsichtsdienste der gesetzlichen Unfallversicherungsträger bereit (TAD-Probanden).

Diese vom „arbeitstechnischen“ Studienzentrum (Sankt Augustin) koordinierte retrospektive Ermittlung umfasste eine vollständige Dokumentation des Arbeitslebens inklusive aller Ausbildungs-, Wehr- und Ersatzdienstzeiten sowie der eigentlichen Beschäftigungsabschnitte. Alle Abschnitte wurden in sog. typische Arbeitsschichten unterteilt und zu diesen die jeweiligen Expositionen detailliert mittels Fragebögen erfasst. Diese Expositionen umfassten Angaben zur manuellen Handhabung von Lasten ab ca. 5 kg durch Heben, Halten, Tragen, Ziehen, Schieben, Fangen, Werfen oder Schaufeln. Des Weiteren zählten hierzu belastungsintensive Körperhaltungen wie das Arbeiten in starker oder extremer Rumpfbeugehaltung, Arbeiten mit verdrehtem Oberkörper, Über-Kopf-Arbeiten oder Arbeiten im Knien, Hocken, Stehen usw. Ergänzend wurden auch alle Einwirkungen von Ganzkörperschwingungen durch Angaben von Art, Dauer, Fahrzeug, Federung u.ä. erfasst.

Zur quantitativen Beschreibung der Wirbelsäulenbelastung wurden die Expositionsdaten an das „biomechanische“ Studienzentrum in Dortmund weitergeleitet. Hier wurden mit Hilfe von biomechanischen Simulationsrechnungen die Bandscheibendruckkraft für jeden relevanten Vorgang sowie Dosiswerte nach zuvor festgelegten kumulativen Dosismodellen berechnet (s. Jäger et al. 2007).

Die Studienleitung in Wiesbaden führte schließlich die Daten der arbeitsbedingten Belastungen mit den medizinischen Daten zusammen, um mittels logistischer Regressionsanalyse die Dosis-Wirkung-Beziehungen zu untersuchen (s. Bolm-Audorff et al. 2007; Seidler et al. 2007).

3. Ergebnisse

Bezüglich der Verbreitung und Häufigkeit verschiedener Arten der Lastenhandhabung sowie der gehandhabten Lastobjekte zeigten sich z.T. deutliche Unterschiede zwischen Fällen und Kontrollen bzw. Männern und Frauen. Als Beispiel ist in Abbildung 1 die Lastgewichtsverteilung für die Handhabungsart „Heben“ dargestellt.

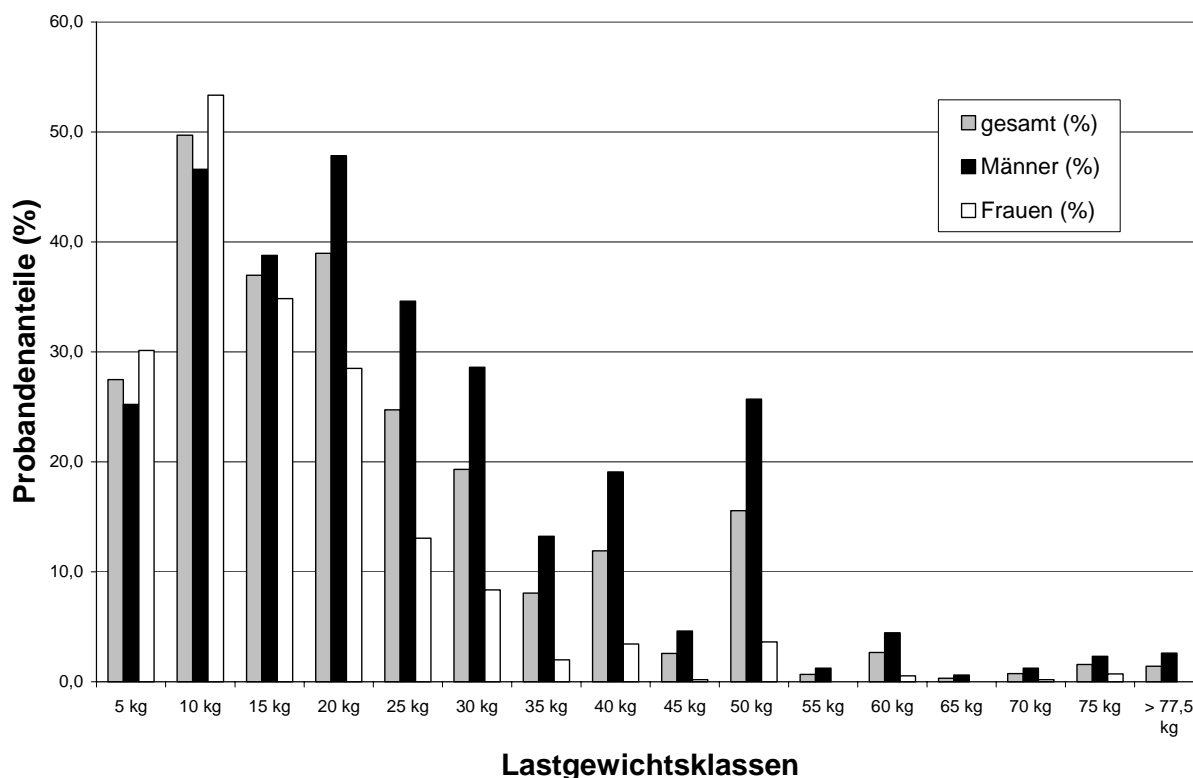


Abbildung 1: Prozentuale Verteilung der TAD-Probanden auf die verschiedenen Lastgewichtsklassen beim Heben von Lasten (dargestellt sind die Klassenmitten, außer bei der 5 kg-Klasse (von 5 kg bis 7,5 kg)) (ngesamt = 1201 Probanden, $n_{\text{Männer}} = 650$, $n_{\text{Frauen}} = 551$)

Es ist zu erkennen, dass bei Frauen, die Hebetätigkeiten ausführten, die meisten Anteile im Bereich kleinerer Lastgewichtsklassen bis 10 kg liegen, wobei die Werte hier höher sind als bei den Männern. Dagegen fanden sich bei Männern, die angaben, Lasten gehoben zu haben, hohe Anteile auch bis etwa 30 kg. Der vergleichsweise hohe Wert bei der Klasse „50 kg“ lässt sich zum einen durch typische Lastobjekte (z.B. Zementsäcke) erklären, andererseits kann hierin auch eine typische „Schätzzahl“ gesehen werden, die bei retrospektiven Ermittlungen häufiger genannt wird als etwa 40 kg oder 60 kg. Als weiteres exemplarisches Ergebnis sind in Tabelle 1 die statistischen Maßzahlen zu den „Hebelasten“ für Männer und Frauen dargestellt.

Im Hinblick auf die ausgeübten Berufe der Probanden zeigte sich, dass der in der DWS betriebene hohe Aufwand zur Ermittlung der beruflichen Exposition notwendig war, um die individuellen Wirbelsäulenbelastungen adäquat darzustellen. Der Versuch, lediglich aufgrund der Angaben zum ausgeübten Beruf auf ein eventuell bestehendes Erkrankungsrisiko von Probanden zu schließen, blieb ohne Erfolg (Michaelis et al. 2007). Die in der DWS gewonnenen umfangreichen Expositionsdaten in Form quantitativer Beschreibungen körperlicher Belastungen können insbesondere auch für derartige berufsspezifische Auswertungen genutzt werden.

Tabelle 1: Statistische Maßzahlen zu den dokumentierten „Hebelasten“ (in kg) für Männer ($n_{\text{Last}} = 4897$) und Frauen ($n_{\text{Last}} = 2592$), ohne Berücksichtigung der Vorgangshäufigkeiten

	Männer	Frauen
Mittelwert	24,0	14,8
Standardabweichung	15,5	9,4
Minimum	5,0	5,0
Maximum	100,0	75,0
5. Perzentil	5,0	5,0
25. Perzentil	12,0	10,0
50. Perzentil	20,0	12,0
75. Perzentil	30,0	20,0
95. Perzentil	50,0	30,0

Die Ergebnisse zum Zusammenhang zwischen der kumulativen Wirbelsäulenbelastung durch berufliche Lastenhandhabung und Körperhaltungen sowie der Entwicklung degenerativer Erkrankungen der Lendenwirbelsäule sind bei Jäger et al. (2008) dargestellt.

4. Literatur

1. Bolm-Audorff, U., Bergmann, A., Ditchen, D., Ellegast, R., Elsner, G., Grifka, J., Haerting, J., Hofmann, F., Jäger, M., Linhardt, O., Luttmann, A., Michaelis, M., Petereit-Haack, G. & Seidler, A. 2007, Zusammenhang zwischen manueller Lastenhandhabung und lumbaler Chondrose – Ergebnisse der Deutschen Wirbelsäulenstudie, Zentralblatt für Arbeitsmedizin, Arbeitsschutz und Ergonomie, 57, 304-316.
2. Ellegast, R., Ditchen, D., Bergmann, A., Bolm-Audorff, U., Elsner, G., Grifka, J., Haerting, J., Hofmann, F., Jäger, M., Linhardt, O., Luttmann, A., Michaelis, M., Petereit-Haack, G. & Seidler, A. 2007, Erhebungen zur beruflichen Wirbelsäulenexposition durch die Technischen Aufsichtsdienste der Unfallversicherungsträger im Rahmen der Deutschen Wirbelsäulenstudie, Zentralblatt für Arbeitsmedizin, Arbeitsschutz und Ergonomie, 57, 251-263.
3. Jäger, M., Geiß, O., Bergmann, A., Bolm-Audorff, U., Ditchen, D., Ellegast, R., Elsner, G., Grifka, J., Haerting, J., Hofmann, F., Linhardt, O., Michaelis, M., Petereit-Haack, G., Seidler, A. & Luttmann, A. 2007, Biomechanische Analysen zur Belastung der Lendenwirbelsäule innerhalb der Deutschen Wirbelsäulenstudie, Zentralblatt für Arbeitsmedizin, Arbeitsschutz und Ergonomie, 57, 264-276.
4. Jäger, M., Geiß, O., Luttmann, A., Bergmann, A., Bolm-Audorff, U., Ditchen, D., Linhardt, O., Michaelis, M. & Seidler, A. 2008, Zusammenhang zwischen beruflichen Belastungen durch Lastenhandhabung und Körperhaltung sowie Erkrankungen der Lendenwirbelsäule – Ergebnisse der Deutschen Wirbelsäulenstudie. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg.), Produkt- und Produktionsergonomie – Aufgabe für Entwickler und Planer. Dortmund: GfA Press, 555-560.
5. Linhardt, O., Bolm-Audorff, U., Bergmann, A., Ditchen, D., Ellegast, R., Elsner, G., Haerting, J., Hofmann, F., Jäger, M., Luttmann, A., Michaelis, M., Petereit-Haack, G., Seidler, A. & Grifka, J. 2007, Studiendesign der Deutschen Wirbelsäulenstudie, Zentralblatt für Arbeitsmedizin, Arbeitsschutz und Ergonomie, 57, 243-250.
6. Michaelis, M., Hofmann, F., Bolm-Audorff, U., Bergmann, A., Ditchen, D., Ellegast, R., Elsner, G., Grifka, J., Haerting, J., Jäger, M., Linhardt, O., Luttmann, A., Nübling, M., Petereit-Haack, G. & Seidler, A. 2007, Risikobereiche und –berufe für die Entwicklung bandscheibenbedingter Erkrankungen der Lendenwirbelsäule – Ergebnisse der Deutschen Wirbelsäulenstudie, Zentralblatt für Arbeitsmedizin, Arbeitsschutz und Ergonomie, 57, 277-286.
7. Seidler, A., Bergmann, A., Ditchen, D., Ellegast, R., Elsner, G., Grifka, J., Haerting, J., Hofmann, F., Jäger, M., Linhardt, O., Luttmann, A., Michaelis, M., Petereit-Haack, G. & Bolm-Audorff, U. 2007, Zusammenhang zwischen der kumulativen Wirbelsäulenbelastung durch Lastenhandhabungen und lumbalen Prolapserkrankungen – Ergebnisse der Deutschen Wirbelsäulenstudie, Zentralblatt für Arbeitsmedizin, Arbeitsschutz und Ergonomie, 57, 290-303.

Zusammenhang zwischen beruflichen Belastungen durch Lastenhandhabung und Körperhaltung sowie Erkrankungen der Lendenwirbelsäule – Ergebnisse der Deutschen Wirbelsäulenstudie

Matthias JÄGER¹, Oliver GEIß¹, Alwin LUTTMANN¹,
Annekatrik BERGMANN², Ulrich BOLM-AUDORFF³, Dirk DITCHEN⁴,
Oliver LINHARDT⁵, Martina MICHAELIS⁶ und Andreas SEIDLER⁷

¹ *Institut für Arbeitsphysiologie an der Universität Dortmund,
Ardeystr. 67, D-44139 Dortmund*

² *Institut für medizinische Epidemiologie, Biometrie und Informatik
und Sektion Arbeitsmedizin, Martin-Luther-Universität Halle/Wittenberg,
Magdeburger Straße 27, D-06097 Halle/Saale*

³ *Landesgewerbearzt, Regierungspräsidium Darmstadt,
Abt. Arbeitsschutz und Umwelt, Simone-Veil-Straße 5, D-65187 Wiesbaden*

⁴ *Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung,
Alte Heerstraße 111, D-53757 Sankt Augustin*

⁵ *Orthopädische Universitätsklinik Regensburg,
Kaiser-Karl-V-Allee 3, D-93077 Bad Abbach*

⁶ *Freiburger Forschungsstelle für Arbeits- und Sozialmedizin,
Bertoldstraße 27, D-79098 Freiburg*

⁷ *Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin,
Nöldnerstr. 40-42, D-10317 Berlin*

Kurzfassung: In der Deutschen Wirbelsäulenstudie (DWS) wurden grundlegende Daten zum Zusammenhang zwischen Wirbelsäulenbelastungen und -erkrankungen erhoben. Insgesamt ergab sich ein statistisch signifikanter positiver Zusammenhang zwischen der kumulativen Wirbelsäulenbelastung durch langjährige berufliche Tätigkeiten mit Lasthandhabung und belastungsintensiven Körperhaltungen und der Entwicklung degenerativer Erkrankungen der Lendenwirbelsäule bei Männern und bei Frauen. Der Vergleich von 10 Dosismodellen zur Identifikation einer bestmöglichen mathematischen Beschreibung der Dosis-Wirkung-Beziehung verdeutlicht den Einfluss von „Erhebungsschwellen“ zur (Mindest-)Druckkraft, Rumpfvorneigung und Tagesdosis. Die Nichteinbeziehung von geringen Belastungen zu Gunsten einer einfacheren Expositionserhebung lässt eventuell einen relevanten Belastungsanteil bei der „Lebensdosis“ unberücksichtigt und verringert somit die Modellgüte zur Zusammenhangsbeschreibung.

Schlüsselwörter: Dosis-Wirkung-Beziehung, Lastenhandhabung, Körperhaltung, Wirbelsäulenerkrankungen.

1. Einleitung

Die Untersuchung des Zusammenhangs zwischen beruflichen Belastungen durch Lastenhandhabung und Körperhaltung sowie degenerativen Erkrankungen der Lendenwirbelsäule erfordert die Kenntnis von Exposition und medizinischen Befunden, um das Vorliegen von Dosis-Wirkung-Beziehungen prüfen und diese gegebenenfalls

mathematisch angemessen beschreiben zu können. Mit Hilfe der von der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung geförderten multizentrischen populationsbezogenen Fall-Kontroll-Studie – Deutsche Wirbelsäulenstudie – wurde eine wesentlich erweiterte Grundlage erarbeitet, um im Vergleich zum bisherigen Erkenntnisstand gesicherte quantitative Aussagen zu Dosis-Wirkung-Beziehungen abzuleiten und somit eine inhalts gestützte Diskussion um epidemiologisch nachweisbare Belastungsassoziationen von Lastenhandhabungen und Körperhaltungen zu fördern.

2. Methode

Zur Prüfung des Erkrankungsrisikos im Sinne der Berufskrankheit 2108 „Bandscheibenbedingte Erkrankungen der Lendenwirbelsäule durch langjähriges Heben oder Tragen schwerer Lasten oder durch langjährige Tätigkeiten in extremer Rumpfbeugehaltung ...“ erfolgten detaillierte Datenerhebungen zu insgesamt 915 „Fällen“ – Personen mit Bandscheibenvorfall („Prolaps“: 286 männlich, 278 weiblich) bzw. mit Bandscheibenhöhenminderung („Chondrose“: 145 männlich, 206 weiblich), jeweils verbunden mit definierten Funktionseinschränkungen – sowie zu 901 „Kontrollen“, d.h. Personen aus der Wohnbevölkerung (453 männlich, 448 weiblich). Die Patienten wurden in Kliniken oder orthopädischen Praxen im Raum Frankfurt am Main, Freiburg, Halle und Regensburg rekrutiert, wobei die Erstmanifestation der Erkrankung nicht länger als 10 Jahre zurücklag; die Kontrollpersonen wurden in entsprechenden Zufallsstichproben aus den jeweiligen Einwohnermeldeämtern bestimmt. Das Alter von Fall- und Kontrollprobanden lag zwischen 25 und 70 Jahre (Linhardt et al. 2007).

In den „medizinischen Studienzentren“ der genannten Regionen wurde zur Bestimmung der Exposition beider Personengruppen zunächst ein etwa 1,5-stündiges, standardisiertes persönliches „Erstinterview“ zu beruflichen Wirbelsäulenbelastungen durch Lastenhandhabung, Rumpfbeugung und Ganzkörperschwingungen sowie zu außerberuflichen Aspekten durchgeführt. Bei Vorliegen bestimmter Mindestbelastungen erfolgte unter Federführung des „Expositionsentrums“ (Sankt Augustin) ein etwa 2-stündiges, semistandardisiertes persönliches „Zweitinterview“ durch Experten der Technischen Aufsichtsdiene (TAD) der Unfallversicherungsträger zu beispielsweise Körperhaltung, Lastgewicht und -position sowie Vorgangsdauer und -häufigkeit für alle Tätigkeitsbereiche und Beschäftigungsabschnitte (Ellegast et al. 2007).

Die Angaben dieser TAD-Erhebungen zu den „externen Belastungsfaktoren“ (Ditchen et al. 2008) dienten als Grundlage für anschließende biomechanische Analysen zur „internen“ Belastung der Lendenwirbelsäule: Durch das „biomechanische Zentrum“ (Dortmund) wurde zunächst die „situative Wirbelsäulenbelastung“, insbesondere anhand der Druckkraft auf die unterste Bandscheibe, für alle belastungsrelevanten Einzeltätigkeiten während des Berufslebens für alle Personen (n=1200) bestimmt. Zur quantitativen Beschreibung der „kumulativen Wirbelsäulenbelastung“ für alle Arbeitsschichten, Beschäftigungsabschnitte und das „Berufsleben“ aller Personen wurden 10 Dosismodelle – u.a. das in Berufskrankheiten-Feststellungsverfahren häufig genutzte Mainz-Dortmunder Dosismodell (Hartung et al. 1999; Jäger et al. 1999) – mit unterschiedlichen „Mindestwerten“ für die Bandscheibendruckkraft, Rumpfvorneigung und kumulierte Schichtdosis angewendet. Dabei wurden u.a. verschiedene Arten von Lastenhandhabungen (z.B. Heben, Tragen, Ziehen, Schieben) sowie verschiedene Wichtungen der Druckkraft (z.B. linear, quadratisch) gegenüber der jeweiligen Belastungsdauer berücksichtigt (Jäger et al. 2007).

Die Prüfung von Dosis-Wirkung-Beziehungen sowie die Selektierung der bestan-

passenden Dosismodelle erfolgten durch das „epidemiologische Zentrum“ (Wiesbaden). Insbesondere wurden logistische Regressionsanalysen zur Ermittlung der „Quotenverhältnisse“ („Odds Ratios“ OR) für klassierte Dosiswerte durchgeführt, d.h. anhand der Anzahl von Fall- und Kontrollprobanden in einer Dosisklasse, bezogen auf die jeweilige Referenzgruppe (Bolm-Audorff et al. 2007; Seidler et al. 2007).

3. Ergebnisse

Der Zusammenhang zwischen kumulativer Wirbelsäulenbelastung und der Entwicklung degenerativer Erkrankungen der Lendenwirbelsäule ist in Abbildung 1 anhand der Ergebnisse für das jeweils bestanpassende Dosismodell für die 4 zugrundeliegenden Konfigurationen (Bandscheibenscheibenvorfall/-höhenminderung bei Männern/Frauen) dargestellt. Dabei ergaben sich die Dosisklassen (vorgangsspezifische Bandscheibendruckkräfte, kumuliert über das Berufsleben: s. Abszisse) aufgrund der Werteverteilung in der Kontrollgruppe: Für die Gruppe ohne Belastungsdosis (0 Nh, s. Kreis) wurde ein Risiko von „1“ angesetzt, und das Komplement der Kontrollgruppe wurde in 3 gleichgroße Subgruppen aufgeteilt (s. Quadrate), aus denen die Dosisgrenzen resultieren.

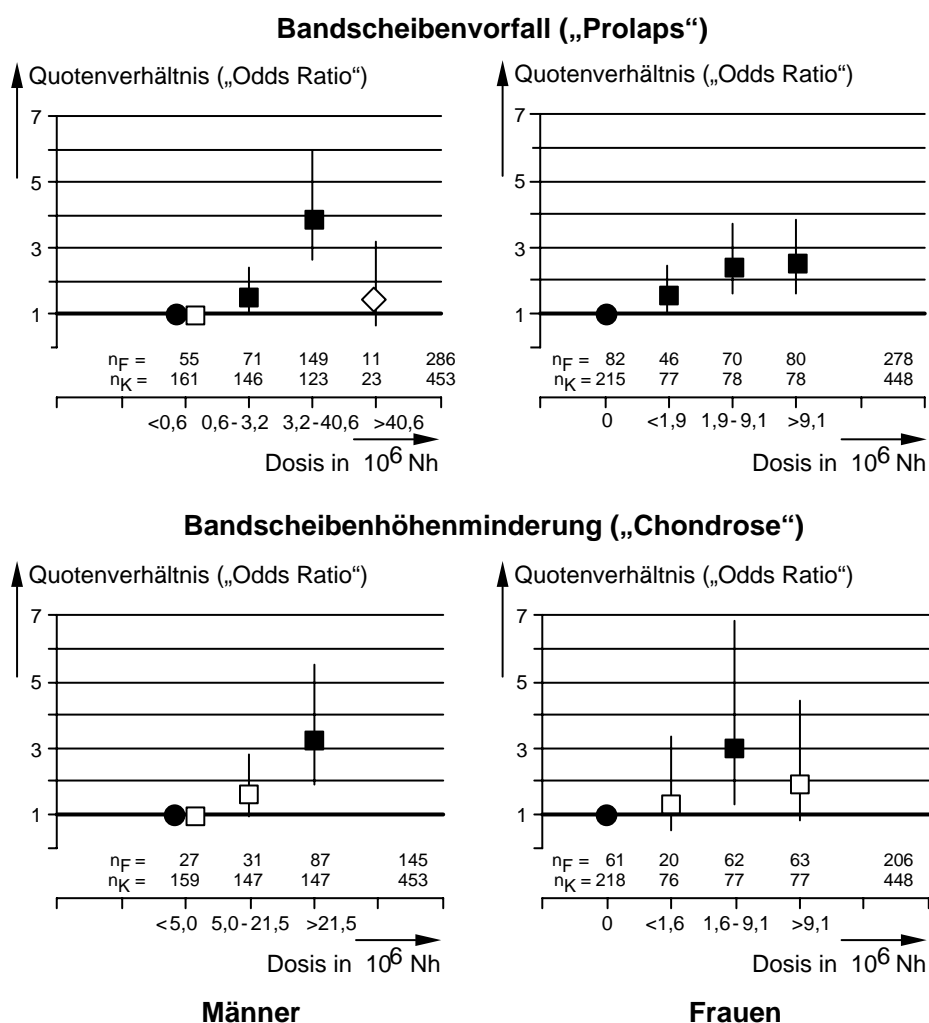


Abbildung 1: Dosis-Wirkung-Beziehungen zwischen Belastungen durch Lastenhandhabung und Körperhaltung sowie Erkrankungen der Lendenwirbelsäule für Männer und Frauen (n_F , n_K : Anzahl von Fall- bzw. Kontrollprobanden in jeweiliger Dosisklasse)

Als Ausnahme wurde berücksichtigt, wenn die 0-Nh-Gruppe kleiner als 20% war (zusammengefasst mit 1. Tertil: s. Kreis an Quadrat) oder wenn das 3. Tertil mehr als 10% der Kontrollen umfasste (s. Raute für „Hochdosisgruppe“ entsprechend dem 95. Perzentil). Wie die Diagramme anhand der 95%-Konfidenzintervalle zeigen, wurden für alle Fallgruppen signifikant erhöhte Erkrankungsrisiken nachgewiesen (Kriterium: OR an unterer Intervallgrenze $\geq 1,0$; dann Symbol gefüllt). Darüber hinaus ergab sich in der Regel ein monotoner Anstieg des Risikos mit zunehmender Dosis, wenn es auch in der höchsten Dosisklasse zum Teil geringer ist als in der zweithöchsten; dieses Teilergebnis wird Selektionsprozessen zugeschrieben („Healthy-worker-Effekt“). – In Hinsicht auf die bestanpassenden Dosismodelle hat sich ein deutlicher Einfluss der Tagesdosisschwelle sowie der Mindestwerte für Bandscheibendruckkraft und Rumpfvorneigung gezeigt. Da die Anwendung hoher „Schwellenwerte“ einen zum Teil beträchtlichen Belastungsanteil bei der Bestimmung der individuellen Lebensdosis unberücksichtigt lässt, wird offensichtlich die Modellgüte zur Beschreibung der Dosis-Wirkung-Beziehung verringert.

Insgesamt wurde durch die Deutsche Wirbelstudie ein statistisch signifikanter positiver Zusammenhang zwischen beruflichen Belastungen durch Lastenhandhabung und Körperhaltung sowie Erkrankungen der Lendenwirbelsäule sowohl für Männer als auch für Frauen nachgewiesen. Die wissenschaftliche Diskussion der Studienergebnisse sollte dazu genutzt werden, weitere Teilfragestellungen abzuleiten, detailliertere Auswertungen durchzuführen sowie angemessene Schlussfolgerungen für Prävention und Berufskrankheitenverfahren zu erarbeiten.

4. Literatur

1. Bolm-Audorff, U., Bergmann, A., Ditchen, D., Ellegast, R., Elsner, G., Grifka, J., Haerting, J., Hofmann, F., Jäger, M., Linhardt, O., Luttmann, A., Michaelis, M., Petereit-Haack, G. & Seidler, A. 2007, Zusammenhang zwischen manueller Lastenhandhabung und lumbaler Chondrose - Ergebnisse der Deutschen Wirbelsäulenstudie, Zentralblatt für Arbeitsmedizin, Arbeitsschutz und Ergonomie, 57, 304-316.
2. Ditchen, D., Ellegast, R., Bergmann, A., Bolm-Audorff, U., Jäger, M., Linhardt, O., Michaelis, M. & Seidler, A. 2008, Berufliche Belastungen durch Lastenhandhabung und Körperhaltung– Ergebnisse der Deutschen Wirbelsäulenstudie. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg.), Produkt- und Produktions-Ergonomie – Aufgabe für Entwickler und Planer. Dortmund: GfA Press, 551-554.
3. Ellegast, R., Ditchen, D., Bergmann, A., Bolm-Audorff, U., Elsner, G., Grifka, J., Haerting, J., Hofmann, F., Jäger, M., Linhardt, O., Luttmann, A., Michaelis, M., Petereit-Haack, G. & Seidler, A. 2007, Erhebungen zur beruflichen Wirbelsäulenexposition durch die Technischen Aufsichtsdiene der UV-Träger im Rahmen der Deutschen Wirbelsäulenstudie, Wirbelsäulenstudie, Zentralblatt für Arbeitsmedizin, Arbeitsschutz und Ergonomie, 57, 251-263.
4. Hartung, E., Schäfer, K., Jäger, M., Luttmann, A., Bolm-Audorff, U., Kuhn, S., Paul, R. & Francks, H.-P. 1999, Mainz-Dortmunder Dosismodell (MDD) zur Beurteilung der Belastung der Lendenwirbelsäule durch Heben oder Tragen schwerer Lasten oder Tätigkeiten in extremer Rumpfbeugehaltung bei Verdacht auf Berufskrankheit Nr. 2108. Teil 2: Vorschlag zur Beurteilung der arbeitstechnischen Voraussetzungen in Berufskrankheiten-Feststellungsverfahren, Arbeitsmedizin, Sozialmedizin, Umweltmedizin, 34, 112-122.
5. Jäger, M., Luttmann, A., Bolm-Audorff, U., Schäfer, K., Hartung, E., Kuhn, S., Paul, R. & Francks, H.-P. 1999, Mainz-Dortmunder Dosismodell (MDD) zur Beurteilung der Belastung der Lendenwirbelsäule durch Heben oder Tragen schwerer Lasten oder Tätigkeiten in extremer Rumpfbeugehaltung bei Verdacht auf Berufskrankheit Nr. 2108. Teil 1: Retrospektive Belastungsermittlung für risikobehaftete Tätigkeitsfelder, Arbeitsmedizin, Sozialmedizin, Umweltmedizin, 34, 101-111.
6. Jäger, M., Geiß, O., Bergmann, A., Bolm-Audorff, U., Ditchen, D., Ellegast, R., Elsner, G., Grifka, J., Haerting, J., Hofmann, F., Linhardt, O., Michaelis, M., Petereit-Haack, G., Seidler, A. & Luttmann, A. 2007, Biomechanische Analysen zur Belastung der Lendenwirbelsäule innerhalb der Deutschen Wirbelsäulenstudie, Wirbelsäulenstudie, Zentralblatt für Arbeitsmedizin, Arbeitsschutz und

- Ergonomie, 57, 264-276.
7. Linhardt, O., Bolm-Audorff, U., Bergmann, A., Ditchen, D., Ellegast, R., Elsner, G., Haerting, J., Hofmann, F., Jäger, M., Luttmann, A., Michaelis, M., Petereit-Haack, G., Seidler, A. & Grifka, J. 2007, Studiendesign der Deutschen Wirbelsäulenstudie, Zentralblatt für Arbeitsmedizin, Arbeitsschutz und Ergonomie, 57, 243-250.
 8. Seidler, A., Bergmann, A., Ditchen, D., Ellegast, R., Elsner, G., Grifka, J., Haerting, J., Hofmann, F., Jäger, M., Linhardt, O., Luttmann, A., Michaelis, M., Petereit-Haack, G. & Bolm-Audorff, U. 2007, Zusammenhang zwischen lumbalen Prolapserkrankungen und der kumulativen Wirbelsäulenbelastung durch Lastenhandhabungen und Tätigkeiten in Rumpfbeugehaltung – Ergebnisse der Deutschen Wirbelsäulenstudie, Zentralblatt für Arbeitsmedizin, Arbeitsschutz und Ergonomie, 57, 290-303.

Analyse kniegelenkbelastender Körperhaltungen beim Be- und Entladen von Flugzeugen

Claus BACKHAUS, Karl-Heinz JUBT und Christian FELTEN

*Berufsgenossenschaft für Fahrzeughaltungen,
Ottenser Hauptstr. 54, D-22765 Hamburg*

Kurzfassung: Die Studie quantifiziert den Zeitanteil kniegelenkbelastender Tätigkeiten beim Be- und Entladen von Verkehrsflugzeugen. Bei 10 Flugzeugabfertigungen wird die Stellung der Wirbelsäule und der unteren Extremitäten zeitkontinuierlich mit Hilfe des personengebundenen Bewegungsanalysesystems CUELA erfasst. Die Dauer kniegelenkbelastender Körperhaltungen liegt zwischen 1,3 und 22,4 Minuten pro Ladevorgang. Bezogen auf die Untersuchungsbedingungen besteht bei sehr langen Beschäftigungsverhältnissen der Mitarbeiter die Möglichkeit einer berufsbedingten Kniegelenkerkrankung.

Schlüsselwörter: Vorfeldlader, Gonarthrose, Körperhaltung, Flugzeug, Luftfracht.

1. Einleitung

Das Beladen kleiner Verkehrsflugzeuge mit Luftfracht oder Flugreisegepäck erfolgt überwiegend von Hand. Durch die geringe Laderaumhöhe der Flugzeuge nehmen die Mitarbeiter beim Verladen häufig kniegelenkbelastende Körperhaltungen ein, in denen schwere Lasten gehandhabt werden. Als belastend werden sowohl Tätigkeiten im Knien und Kriechen, mit einem Gelenkwinkel von ca. 90° angesehen, als auch Arbeiten in hockender Körperhaltung, die eine maximale Beugung des Kniegelenkes erfordern. Die daraus resultierende Beanspruchung kann auf Dauer zu einer Schädigung des Gelenkknorpels und in der Folge zu degenerativen Veränderungen der Gelenksstrukturen führen, die sich in einer Kniegelenksarthrose (Gonarthrose) manifestieren. Am 1. Oktober 2005 hat der Ärztliche Sachverständigenbeirat des Bundesministeriums für Gesundheit und Soziale Sicherung empfohlen, Gonarthrosen, die auf eine Arbeitstätigkeit im Knien oder vergleichbare Kniegelenkbelastungen zurück zu führen sind, als Berufskrankheiten anzuerkennen. Als Auslöseschwelle für eine Gonarthrose wird eine kniegelenkbelastende Tätigkeit im Umfang von mindestens einer Stunde pro Arbeitsschicht und einer Lebensarbeitsdosis von mindestens 13.000 Stunden benannt (BMGS 2005). Die vorgestellte Studie quantifiziert den Zeitanteil kniegelenkbelastender Tätigkeiten beim Be- und Entladen von Verkehrsflugzeugen.

2. Methode

Zum Bestimmen der Belastungsdauer werden mehrere Be- und Entladevorgänge bei kleinen Verkehrsflugzeugen analysiert.

Das Erfassen der Körperhaltungen erfolgt mit Hilfe des personengebundenen CUELA-Messsystems - CompUnterunterstützte Erfassung und LangzeitAnalyse (Eillegast 1998). Damit ist es möglich, die Stellung der Wirbelsäule und der unteren Ex-

tremitäten zeitkontinuierlich dreidimensional aufzuzeichnen (vgl. Abbildung 1).



Abbildung 1: CUELA-Messsystem mit eingespielter Videodokumentation

Eine parallel durchgeführte Videodokumentation ermöglicht die eindeutige Zuordnung der Messdaten zur eingenommenen Körperhaltung. Das System erfasst die Winkel des Knie- und Hüftgelenkes sowie die Vor- bzw. Seitneigung der Lenden- und Brustwirbelsäule. Die geringe Laderaumhöhe der Flugzeuge lässt eine zusätzliche Torsionsmessung der Wirbelsäule nicht zu. Da primär kniende bzw. sitzende Tätigkeiten untersucht werden, kommen die verfügbaren Kraftmesssohlen, zum Bestimmen der Bodenreaktionskräfte des Probanden, ebenfalls nicht zum Einsatz. Zur Auswertung der Messsequenzen werden die Zeitanteile für folgende Körperhaltungen ermittelt: knien ohne Abstützung, knien mit Abstützung, Fersensitz, hocken und kriechen.

3. Ergebnisse

Es wurden drei Vollsichtbeobachtungen mit insgesamt 10 Einzelmessungen durchgeführt. Die Datenerhebung erfolgte auf den Flughäfen Frankfurt/Main und Köln-Bonn an sieben unterschiedlichen Flugzeugen der Hersteller Fokker, Airbus und Boeing.

Die Abfertigung eines Flugzeuges erfolgt üblicher Weise durch ein Team von drei Personen. Als Proband wurde jeweils der Mitarbeiter mit dem höchsten Zeitanteil im Frachtraum der Maschine ausgewählt.

Nach Aussagen der Beschäftigten und der Betriebsleitung werden durchschnittlich 5-8 Flugzeuge pro Team und Schicht abgefertigt, davon ca. 1-5 Maschinen mit geringer Laderaumhöhe.

Die Ergebnisse sind in Tabelle 1 und Abbildung 2 dargestellt.

Tabelle 1: Messprotokoll und Zeitanteile kniegelenkbelastender Körperhaltungen beim Be- und Entladen von Flugzeugen

Mess. Nr.	Flugzeug-typ	Laderaum-höhe [cm]	Auslastung Frachtraum	Frachtgut	Messdauer [min]	Kniebelastung [min]
1	Fokker 70	76	hoch	Gepäck	13,4	3,1
2	Fokker 70	76	gering	Gepäck	8,7	1,4
3	Fokker 70	76	mittel	Gepäck	26,5	6,5
4	Fokker 100	76	gering	Gepäck	6,3	1,3
5	A320	110	mittel	Luftfracht u. Gepäck	41,4	22,4
6	737-300	110	gering	Gepäck	19,4	4,8
7	737-700	110	mittel-hoch	Gepäck	20,1	15,9
8	737-800	110	mittel	Gepäck	20,5	12,3
9	Fokker 100	76	mittel	Gepäck	9,9	2,2
10	A319	110	gering	Gepäck	37,4	7,6

Die Dauer der kniebelastenden Körperhaltungen variiert entsprechend der Zuladung der Flugzeuge.

In den durchgeführten Messungen werden Zeiten von 1,3 Minuten (Messung 3) bis 22,4 Minuten (Messung 5) ermittelt. Aufgrund des geringen Frachtraumvolumens des Flugzeugtyps Fokker erfolgt das Be- und Entladen sehr schnell, so dass nur in geringem zeitlichem Umfang belastende Körperhaltungen von den Vorfeldladern eingenommen werden. Aufgrund der geringen Laderaumhöhen dieses Flugzeugtyps kann beim Aufenthalt im Frachtraum keine sitzende Körperhaltung eingenommen werden. Bereits die Sitzhöhe des 5. Perzentil Mann beträgt 88 cm (Jürgens 1999) und liegt damit über der Laderaumhöhe von 76 cm.

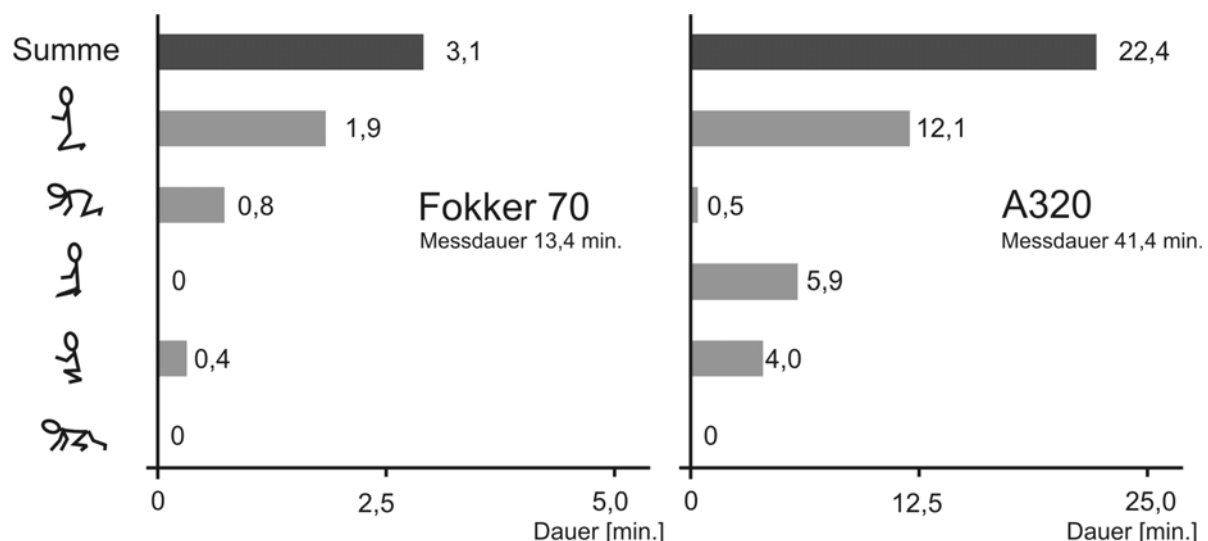


Abbildung 2: Verteilung der Zeitanteile kniegelenkbelastender Körperhaltungen für Messung 1- Fokker 70 (links) und Messung 5 - Airbus A320 (rechts)

Beim Arbeiten im Frachtraum der Maschinen sollte auf einen kontinuierlichen Gepäckfluss geachtet werden, damit unnötige Wartezeiten der Mitarbeiter in kniege-

lenkbelastender Körperhaltung vermieden werden. Entsprechend der Angaben, dass täglich bis zu fünf Flugzeuge mit einer geringen Laderaumhöhe abgefertigt werden, ergibt sich in Kombination mit der maximalen Belastungszeit von 22,4 Minuten pro Ladevorgang (Messung 5) eine Tagesexposition von 112 Minuten. Bei 220 Arbeitsschichten pro Jahr benötigte ein Vorfeldmitarbeiter mehr als 30 Jahre zum Erreichen seiner Lebensarbeitsdosis von 13.000 Stunden.

4. Diskussion

Die ermittelten Zeiten kniegelenkbelastender Tätigkeiten weisen darauf hin, dass - für die zugrunde liegenden Untersuchungsbedingungen - bei sehr langen Beschäftigungszeiten das Entstehen einer berufsbedingten Gonarthrose möglich ist. Allerdings lässt sich bereits durch den Einsatz von arbeitsorganisatorischen Schutzmaßnahmen, wie z.B. wechselseitiges Arbeiten der Mitarbeiter im Frachtraum, das Erkrankungsrisiko deutlich verringern. Zukünftige Präventionsaktivitäten sollten über diese Möglichkeit informieren und Vorgesetzte und Vorfeldmitarbeiter für kniegelenkschonendes Arbeiten sensibilisieren. Ein besonderer Schwerpunkt folgender Messprojekte sollte auf der Quantifizierung und Einordnung von Belastungsspitzen, z.B. durch ein erhöhtes Gepäckaufkommen während der Hauptreisezeiten, gelegt werden.

5. Literatur

1. BMGS (Bundesministerium für Gesundheit und Soziale Sicherung) 2005, Wissenschaftliche Begründung für die Berufskrankheit "Gonarthrose durch eine Tätigkeit im Knien oder vergleichbare Kniebelastungen mit einer kumulativen Einwirkungsdauer von 13000 Stunden und einer Mindesteinwirkungsdauer von insgesamt einer Stunde pro Schicht", Bundesarbeitsblatt, 10-2005, 46-54.
2. Ellegast R. 1998, Personengebundenes Messsystem zur automatischen Erfassung von Wirbelsäulenbelastungen bei beruflichen Tätigkeiten, BIA-Report 5/1998. St. Augustin: Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften (HVBG).
3. Jürgens H.W. 1999, Körpermaße, Datenblatt B-1.2.31. In: Bundesamt für Wehrtechnik und Beschaffung (Hrsg.), Handbuch der Ergonomie. Koblenz: Bundesamt für Wehrtechnik und Beschaffung.

„Integrative Grenzlastberechnung“ bei der Robert Bosch GmbH mit dem IGEL Tool

Karlheinz SCHAUB¹, Gabriele WINTER¹, Marco NICKOLAI¹, Ralph BRUDER¹,
Frank ERDMANN² und Friedrich SCHLATTERER²

¹ *Institut für Arbeitswissenschaft, Technische Universität Darmstadt,
Petersenstr. 30, D-64287 Darmstadt*

² *Robert Bosch GmbH, Manufacturing Coordination,
Production System Development and Investment Planning (C/MPS),
Postfach 30 02 20, D-70442 Stuttgart*

Kurzfassung: Für den globalen Einsatz in Planung und Produktion wurde in Kooperation zwischen der Robert Bosch GmbH und dem IAD (Institut für Arbeitswissenschaft der TU Darmstadt) das Tool IGEL (Integrative Grenzlastberechnung) zur Bewertung von manuellen Lastenhandhabungen entwickelt. IGEL ist als rechnergestütztes Tool mit integrierter Datenbank konzipiert.

Schlüsselwörter: Lastenhandhabung, EU-Richtlinien, Risikoanalyse, Produktionssystem.

1. Einleitung

Körperliche Belastungen in den Produktionsstätten der Robert Bosch GmbH, von Bosch-Rexroth und der Bosch Siemens Hausgeräte GmbH treten vorrangig in Form von Lastenhandhabungen auf. Die Formen der Handhabungen können dabei sehr unterschiedlich sein und reichen von kurzzyklischen repetitiven Handhabungen kleiner Lastgewichte bis hin zu „klassischen“ Handhabungen größerer Lastgewichte mit unterschiedlichsten Randbedingungen.

Dem entsprechend kann es zu unterschiedlichen Beanspruchungsengpässen bei den beteiligten Mitarbeitern kommen, was ein abgestimmtes Methodeninventar zur Bewertung dieser Tätigkeiten erfordert.

Stand früher eine allgemeine ergonomische Belastungsanalyse im Hauptfokus betrieblicher Aktivitäten (Berücksichtigung der „gesicherten arbeitswissenschaftlichen Erkenntnisse“ gemäß §§ 90 und 91 Betriebsverfassungsgesetz), so werden heute konkretere Vorgaben für die Durchführung von Gefährdungsbeurteilungen (Arbeitsschutzgesetz) und Risikoanalysen (Geräte- und Produktsicherheitsgesetz) den Betrieben angeboten. Diese rechtlichen Aspekte umfassend zu berücksichtigen war eine wesentliche Motivation für die Entwicklung von IGEL.

2. Integrative Grenzlastberechnung mit IGEL

Im Rahmen des europäischen Harmonisierungsprozesses entstand 1987 mit dem Inkraftsetzen der „Einheitlichen Europäischen Akte“ (namentlich dem Einfügen der Artikel 118a und 100a in die Römischen Verträge von 1957) ein System dualer Arbeitssicherheit in Europa. Dieses wendet sich sowohl an den Hersteller oder „Inverkehrbringer“ von Maschinen und Geräten, welche der CE-Kennzeichnung unterliegen, als auch an deren Betreiber und Nutzer in den Betrieben. Dieses duale System

des europäischen Arbeitsschutzes spiegelt sich auch im strukturellen Aufbau von IGEL wider.

2.1 IGEL Aufbau und Strukturierung

Die Software IGEL („Integrative Grenzlastberechnung“) ist ein rechnergestütztes Methodeninventar, welches zur ergonomischen Beurteilung der körperlichen Belastungen von Mitarbeitern bei der Lastenhandhabung entwickelt wurde. IGEL ermöglicht die Ermittlung von Grenzlasten für verschiedene Lastfälle eines „Arbeitstyps“, aber auch für unterschiedliche „Typen“ von körperlichen Anforderungen wie z.B. Heben und Tragen sowie Ziehen und Schieben (von Lasten), repetitive Belastungen der oberen Extremitäten und Tätigkeiten zur zyklischen Materialversorgung. IGEL speichert Arbeitsplätze mit ihren Belastungen und deren Bewertung in einer Datenbank und ermöglicht somit einen Überblick über die ergonomische Gestaltungsgüte ganzer Fertigungsbereiche. Je nach verwendetem Verfahren wird dabei der komplette Arbeitsplatz in einer Einzelbewertung oder aber als summarische Bewertung der dort vorkommenden Tätigkeiten dargestellt.

The screenshot shows the IGEL software interface. On the left is a tree view titled 'Projekt Projekt1' showing a hierarchy of workstations and tasks. The main window displays the evaluation for 'Arbeitsplatz1' using the NIOSH method. It includes input fields for duration, cumulative load, reference mass, and gender. Below these is a risk assessment section showing a 'Niedriges Risiko' (Low Risk) status. At the bottom, a table summarizes the tasks and their individual ratings.

neue Nummer	Tätigkeit	Lastgewicht	Frequenz	FIRWL	FM	STRW
1	Tätigkeit2	2	3	10.59	0.55	5.82
2	Tätigkeit1	4	3.5	20.7	0.87	18.01
3	Tätigkeit3	1	2	11.2	0.65	7.28

STRWL - Empfohlene Lastgrenze (Single Task Recommended Weight Limit)
FIRWL - Empfohlene Lastgrenze, frequenzunabhängig (Frequency Independent Weight Limit)
FILI - Hebeindex, frequenzunabhängig (Frequency Independent Lifting Index)

Abbildung 1: IGEL Projektfenster mit Arbeitsbewertung für mehrere Arbeitsplätze (links). Rechts ist die Gesamtbewertung für einen Arbeitsplatz (nach NIOSH) dargestellt, wobei sich die Bewertung aus dem Input von drei Teiltätigkeiten zusammensetzt. Für NIOSH, OCRA und Bosch ist eine Bewertung auf Tätigkeitsniveau möglich (links); EN 1005-2, ISO 11228-1 und ISO 11228-2 ermöglichen nur die summarische Bewertung eines kompletten Arbeitsplatzes

Daten der Tätigkeit

Last

Anzahl der Lastumsetzungen: 3.5 pro Stunde

Maximale Last: 4 kg

Durchschnittliche Last: 2 kg

Geometrie

Lastaufnahme

Griffhöhe V: 65 cm

Horizontale Griffentfernung H: 25 cm

Rumpfvendrehung A: 0 Grad

Vertikale Hubhöhe D: 25 cm

Lastabgabe

Griffhöhe V: 40 cm

Horizontale Griffentfernung H: 20 cm

Rumpfvendrehung A: 0 Grad

Griff

Griffbedingungen: ☒ gut ☐ mittel ☐ schlecht

Analyse der Tätigkeit

Niedriges Risiko - empfehlenswert, Maßnahmen nicht erforderlich.
 Das Risiko einer Erkrankung oder Verletzung ist vernachlässigbar oder auf einem für alle in Frage kommenden Operatoren annehmbaren niedrigen Niveau.

Empfohlene Lastgrenze (ELG, STRWL): 18.01 kg

Wirbelsäulenbelastung (FILI): 0.19

Hebeindex (HI, STLI): 0.11

	Horizontal-multiplikator	Vertikal-multiplikator	Distanz-multiplikator	Asymmetrie-multiplikator	Frequenz-multiplikator	Kopplungs-multiplikator	S
Lastaufnahme	1	0.97	1	1	0.87	1	
Lastabgabe	1	0.9	1	1	0.87	1	

STRWL - Empfohlene Lastgrenze (Single Task Recommended Weight Limit)
 FIRWL - Empfohlene Lastgrenze, frequenzunabhängig (Frequency Independent Weight Limit)

Berechnen Drucken Speichern

Abbildung 2: IGEL Methodenfenster mit Arbeitsbewertung für mehrere Arbeitsplätze (links). Rechts ist die Bewertung der „Tätigkeit 1“ am „Arbeitsplatz 1“ (nach NIOSH) dargestellt

Für die Gesamtbewertung des Arbeitsplatzes werden alle drei Tätigkeiten gemäß den Vorgaben des „multiplen“ NIOSH Ansatzes zusammengefasst

2.2 IGEL Methodeninventar

Das eigens hierfür vom IAD („Institut für Arbeitswissenschaft“) entwickelte Methodeninventar zur Integrativen Grenzlastberechnung umfasst Nationale sowie internationale Methoden wie z.B. NIOSH (Waters et al. 1993), OCRA (Colombini et al. 2002), EN 1005-2, ISO 11228-1 und ISO 11228-2 zur Bewertung der körperlichen Belastung bezüglich des relevanten Tätigkeitsspektrums. Mit diesem Methodeninventar sind Untersuchungen während der Planungsphase aber auch eine Analyse und Optimierung von bestehenden Arbeitsstellen und Tätigkeiten möglich.

Da zu Beginn der Entwurfs- und Programmierarbeiten an IGEL EN 1005-5 und ISO 11228-3 noch nicht verfügbar waren, wurde statt dessen das OCRA Verfahren in Form der OCRA-Checkliste implementiert.

Für Tätigkeiten zur zyklischen Materialversorgung (Milkrun Tätigkeiten), welche ein Umsetzen, Tragen sowie Ziehen und Schieben von Lasten beinhalten wurde ein eigenes „Bosch“ – Modul realisiert, welches eine ergonomische Bewertung auf Basis der Engpässe Energieumsatz, Wirbelsäulenbelastung und lokale Muskelermüdung ermöglicht.

	Schicht- dauer (Std.)	Gewicht Umsetzen (kg)	Gewicht halten (Sek.)	Gehen mit Gewicht	Ein- händig	Beid- händig	Multipel (mehrere Lastfälle je APL)	Nicht Multipel (APL- bezogen)	Engpass bezogen (APL- bezogen)	Planungs- analyse	Ist- analyse
NIOSH	≤ 8	≥ 3	≤ 5	max. 10% des Tätigkeits- Zyklus'		X	X			X	X
OCRA	unbe- grenzt	< 3	≤ 3		X		X			X	X
EN 1005-2	≤ 8	≥ 3	≤ 5	< 2 m	X	X		X		X	
ISO 11228-1	≤ 8	≥ 3	≤ 5	<= 20 m		X		X			X
ISO 11228-2	≤ 8	Ziehen und Schieben von z.B. Milkunwagen			X	X		X			X
BOSCH*	unbe- grenzt	X	X	X	X	X	X		X	X	X

Abbildung 3: In IGEL unterstützte Bewertungsverfahren, ihre Einsatzmöglichkeiten in Planungs- und Istanalysen sowie wesentliche Verfahrensparameter

3. Einsatz von Igel und weitere Entwicklungen

IGEL ist für den globalen Einsatz im Hause Bosch konzipiert und wurde mit einem deutschsprachigen Dialog ausgestattet. Mittlerweile sind auch englische und tschechische Dialogsprachen wählbar. IGEL wird mittlerweile im In- und Ausland an ca. 50 Standorten eingesetzt. Die Integration weiterer Bewertungsverfahren ist ebenso geplant wie eine überarbeitete Dialogschnittstelle, welche den Benutzer in Abhängigkeit von Analyse- und Belastungsart automatisch an das relevante Bewertungsverfahren führt.

4. Literatur

1. Colombini, D., Occipinti, E. & Grieco, A. 2002, Risk Assessment and Management of Repetitive Movements and Exertions of Upper Limbs, Elsevier Ergonomics Book Series – Volume 2. Amsterdam: Elsevier.
2. DIN EN 1005-3: 2002-05, Sicherheit von Maschinen - Menschliche körperliche Leistung - Teil 3: Empfohlene Kraftgrenzen bei Maschinenbetätigung, Deutsche Fassung EN 1005-3:2002. Berlin: Beuth.
3. DIN EN 1005-5: 2007-05, Sicherheit von Maschinen - Menschliche körperliche Leistung - Teil 5: Risikobeurteilung für kurzzyklische Tätigkeiten bei hohen Handhabungsfrequenzen, Deutsche Fassung EN 1005-5:2007. Berlin: Beuth.
4. ISO 11228-1: 2003-05, Ergonomie - Manuelles Handhaben von Lasten - Teil 1: Heben und Tragen. Berlin: Beuth.
5. ISO 11228-2: 2007-04, Ergonomie - Manuelle Handhabung - Teil 2: Ziehen und Schieben. Berlin: Beuth.
6. ISO 11228-3: 2007-04: Ergonomie - Manuelle Handhabung - Teil 3: Handhabung geringer Lasten bei hohen Bewegungsfrequenzen. Berlin: Beuth.
7. 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, 7,749-776.

Virtuelle Absicherung manueller Montagevorgänge mittels 3D-Menschmodell – Optimierung der Mensch-Computer-Interaktion

Domingo RODRIGUEZ FLICK¹ und Heiner BUBB²

¹ BMW AG, Knorrstraße 147, D-80788 München

² Lehrstuhl für Ergonomie, Technische Universität München,
Boltzmannstraße 15, D-85747 Garching

Kurzfassung: Digitale 3D-Menschmodelle finden heute eine weit verbreitete Anwendung und stellen ein wichtiges Hilfsmittel bei der Entwicklung zukünftiger Produkte und der Planung und Gestaltung neuer Produktionssysteme dar. In der Regel sind diese virtuellen Modelle allerdings nicht ausreichend intuitiv bedienbar und die Einstellung einer korrekten und realitätsnahen Körperhaltung ist sehr zeitintensiv. Deshalb ist die zusätzliche Heranziehung eines Menschmodells bei der virtuellen Überprüfung manueller Montagevorgänge eines Fahrzeuges derzeit mit einem erhöhten Bedienungsaufwand verbunden. In den meisten Fällen wird vom Benutzer ein hohes Maß an Expertenwissen über das eingesetzte Simulationssystem verlangt. Ausgehend von der geschilderten Problematik im Bereich der Mensch-Computer-Interaktion bildet die Ermittlung von Anforderungen an die Simulation mit Menschmodellen einen wesentlichen Aspekt des vorliegenden Beitrags. Dazu werden erfahrene Mitarbeiter zur Erfassung der Anforderungen herangezogen, welche darauf durch den potentiellen Benutzerkreis bezüglich ihrer Gewichtung bewertet werden. Ferner werden Schwachstellen der betrachteten Simulationssoftware identifiziert und daraus Optimierungsmaßnahmen abgeleitet.

Schlüsselwörter: Digitale 3D-Menschmodelle, (De-) Montagesimulation, Mensch-Computer-Interaktion, Usability.

1. Einleitung

Der Trend zu immer individuelleren Produkten mit kundenspezifischen Lösungen führt gerade bei produzierenden Unternehmen der Automobilindustrie zu einer deutlichen Erhöhung der Modell- und Variantenvielfalt und damit gleichermaßen zu einem Anstieg der Komplexität von Produkt, Prozess und Produktionssystem. Weiterhin erlauben die immer kürzer werdenden Innovations- und Produktlebenszyklen unter Einhaltung restriktiver Kostenziele keine langen Anlauf- und Optimierungsphasen des Produktionssystems. Daher ist für eine höhere Qualität und einen fortgeschrittenen Reifegrad der Fahrzeugentwicklung und -planung ein fehlerfreies Funktionieren von Beginn an zu gewährleisten, um somit einen steileren Produktionsanlauf zu erreichen (Bracht & Bergbauer 2003).

Vor diesem Hintergrund nimmt die Bedeutung von digitalen Prototypen oder Digital Mock Ups (DMU) gerade bei der Montageabsicherung des Gesamtfahrzeuges immer stärker zu. Diese virtuellen Prototypen ermöglichen frühzeitig, d.h. im Sinne einer pro-aktiven Vorgehensweise, unter anderem Planungsentwürfe vor ihrer Realisierung auf ihre Leistungsfähigkeit hin zu überprüfen und gegebenenfalls zu optimie-

ren, wodurch die Herstellung realer Prototypen weitgehend überflüssig wird. Die virtuellen Methoden, die dabei eingesetzt werden, sind überwiegend die Visualisierung von Fahrzeuggeometrieumfängen oder die automatische Generierung von Ein- und Ausbaupfaden für einzelne Bauteile oder auch gesamte Baugruppen (Abb. 1, A u. B). Der Werker wird bei diesen Methoden nicht vorrangig berücksichtigt. Für eine zuverlässige Montageabsicherung ist dies aber infolge weiter wachsender Packagedichte im Fahrzeug bei nahezu gleich bleibendem Bauraum notwendig. Deshalb bietet sich zur Erzielung aussagekräftigerer Ergebnisse besonders bei der Untersuchung der Zugänglichkeit, Erreichbarkeit und Einsehbarkeit die zusätzliche Verwendung dreidimensionaler digitaler Menschmodelle als eine große Hilfestellung an (Abb. 1, C). Anhand dieser Menschmodelle können Montagevorgänge genauer analysiert und ergonomisch ausgelegt werden. Letzteres spielt gerade angesichts des demographischen Wandels und des steigenden Anteils der älteren Belegschaft eine wichtige Rolle.

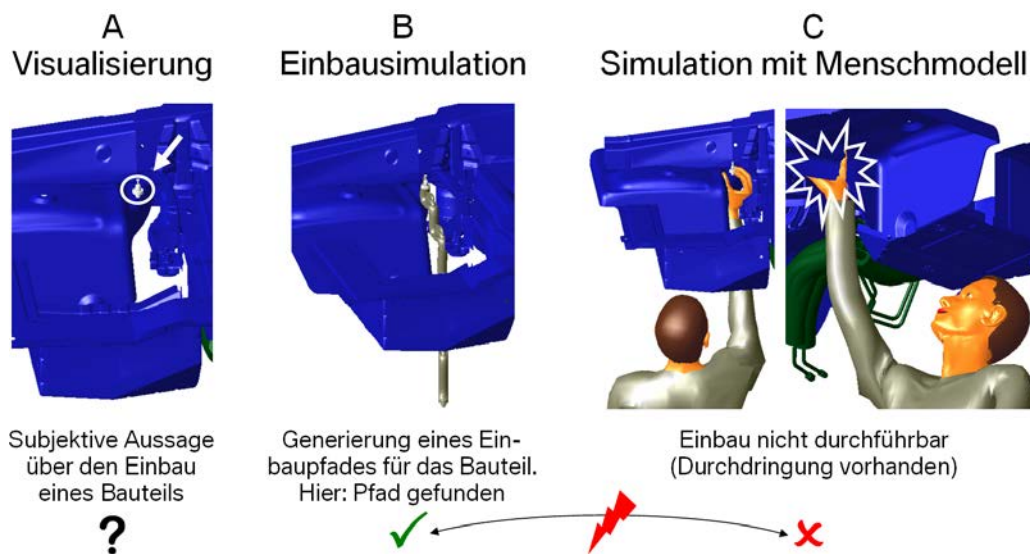


Abbildung 1: Vergleich ausgewählter virtueller Techniken. Widersprüchliche Ergebnisse

In der Praxis stellt jedoch die zusätzliche Heranziehung eines virtuellen 3D-Menschmodells bei der Szenariovorbereitung der Untersuchung einen hohen Aufwand dar. Auch ist die Bedienung des Menschmodells nicht ausreichend intuitiv.

2. Methode

In einem ersten Schritt wurden alle notwendigen Anforderungskriterien ermittelt, die für die virtuelle Montageabsicherung mittels digitalem 3D-Menschmodell relevant sind. Die Kriterienfindung wurde im Rahmen von mehreren Workshops mit erfahrenen Mitarbeitern aus der Montageabsicherung durchgeführt.

In einem weiteren Schritt wurde eine Befragung mittels Fragebogen unter dem potentiellen Benutzerkreis durchgeführt. Aus dieser Erhebung wurde die quantitative Bewertung der zuvor festgelegten Kriterien abgeleitet. Somit konnte direkt ermittelt werden, welchen der Kriterien nach dem Standpunkt der tatsächlichen Endbenutzer der Software hohe und welchen niedrige Bedeutung zugeordnet werden muss. Insgesamt beteiligten sich 42 Mitarbeiter an der Befragung. Die Befragten haben dabei die Kriterien auf einer Skala von 1, „unwichtig“, bis 4, „sehr wichtig“, eingestuft.

Ferner wurde analysiert, inwiefern die von uns in früheren Untersuchungen als die

geeignetste ermittelte Simulationssoftware („eM-Human“, Siemens PLM Software GmbH) die mit einer hohen Priorisierung eingestuften Kriterien erfüllt. Zuletzt wurden aus den erkannten Schwachstellen mögliche Optimierungsmaßnahmen abgeleitet.

3. Ergebnisse

Im folgenden Netzdiagramm sind die ermittelten Anforderungskriterien an die Simulation mit Menschmodellen aufgeführt (Abb. 2). Zugleich ist deren Bewertung in Form von arithmetischen Mittelwerten visualisiert (Dreiecke in Abb. 2).

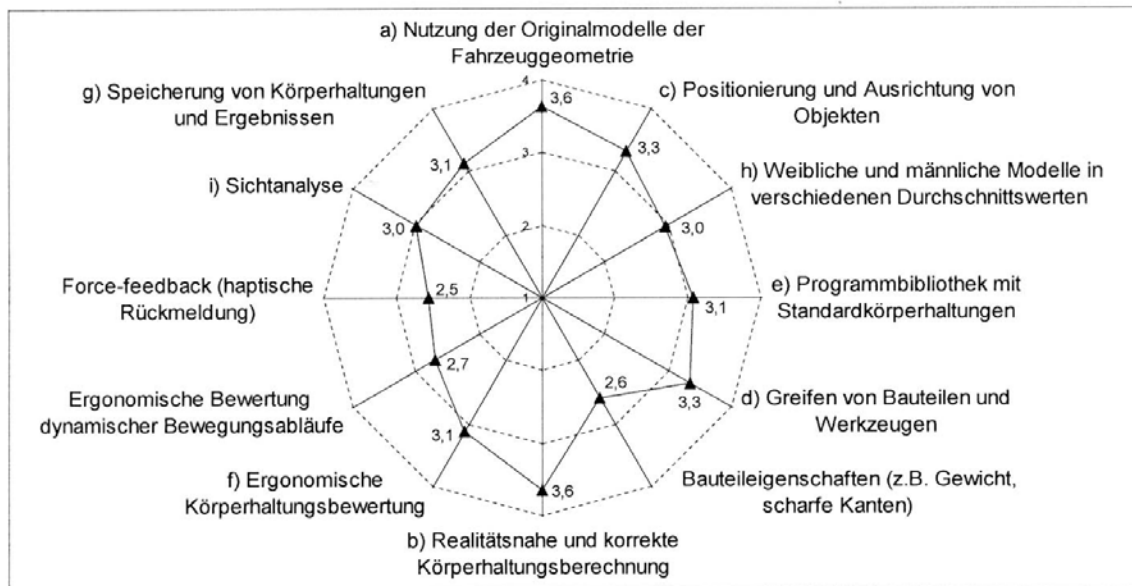


Abbildung 2: Bewertung der Anforderungskriterien an die Simulation mit Menschmodellen

Aus der Grafik wird ersichtlich, dass den Punkten „Nutzung der Originalmodelle der Fahrzeuggeometrie“ und „realitätsnahe und korrekte Körperhaltungsberechnung“ mit einer Bewertung von jeweils durchschnittlich 3,6 die höchste Wichtigkeit einzuräumen ist. Mit einer ähnlichen Bewertung (jeweils 3,3) und somit auch als „sehr wichtig“ zu verzeichnen sind das „Greifen von Bauteilen und Werkzeugen“ sowie die „Positionierung und Ausrichtung von Objekten“. Weitere fünf Kriterien sind mit Bewertungen zwischen im Mittel 3,0 und 3,1 eingestuft worden und stellen daher eine „wichtige“ Rolle dar. Die restlichen drei Kriterien weisen die geringste Bewertung auf (zwischen 2,5 und 2,7) und werden daher im Folgenden nicht näher betrachtet.

4. Analyse und Diskussion

Nachfolgend wird die betrachtete Simulationssoftware hinsichtlich der als „sehr wichtig“ und „wichtig“ eingestuften Anforderungskriterien (Abb. 2, a) bis i)) analysiert und beurteilt, sowie auch Optimierungsmaßnahmen aufgezeigt.

- Grundvoraussetzung für die Durchführung einer Montageabsicherung sind die Fahrzeuggeometriedaten. Diese stehen als Originalmodelle (*.CATPart bzw. *.model) in einer CA-Datenbank zur Verfügung. eM-Human benutzt aber ein anderes Datenformat (*.co), was zur Folge hat, dass die Originaldaten aufwän-

dig konvertiert werden müssen. Eine wesentliche Erleichterung stellt die automatische Konvertierung und Aktualisierung der Originaldaten sowie die Bereitstellung einer Datenschnittstelle dar, um die konvertierten Daten aus der CA-Datenbank aufzurufen.

- Einen weiteren sehr wichtigen Aspekt bei der Montageabsicherung stellt die realitätsnahe und korrekte Körperhaltungsberechnung dar. Das verwendete Menschmodell RAMSIS basiert auf exakten, statistisch validierten Körperdaten und berücksichtigt reale Bewegungs- und Gelenkeinschränkungen (Hudelmair 2008). Dies ist aber für die korrekte und rasche Einstellung einer Haltung nicht ausreichend. Deshalb sind die Möglichkeit der Eingabe von Kräften sowie die automatische Kollisionsvermeidung zwischen dem Menschmodell und anderen Geometrien von großer Hilfe.
- Die Auswahl der benötigten Geometrieumfänge und deren Positionierung und Ausrichtung im Raum werden „von Hand“ erledigt. Um diesen Aufwand zu reduzieren, bieten sich die Bereitstellung des Fahrzeuges in Verbaureihenfolge und die automatische Platzierung der Umfänge in Abhängigkeit des Montagebandbereiches an.
- Das Greifen von Bauteilen oder Werkzeugen kann in der Software durch die manuelle oder teilautomatische Greiffunktion durchgeführt werden. Für Standardwerkzeuge und Bauteile, die eine konkrete Greifart aufweisen, haben sich allerdings vordefinierte Greifmakros als sehr sinnvoll und zeitsparend erwiesen.
- Vordefinierte Körperhaltungen werden für eine grobe Anfangshaltung des Menschmodells benötigt. Die Software-Lösung bietet eine Bibliothek mit vordefinierten Körperhaltungen an, allerdings nur Standardhaltungen. Die Erweiterung dieser Bibliothek mit häufig auftretenden Körperhaltungen in der Montage zeigte sich jedoch als sehr nützlich.
- Eine ergonomische Untersuchung der resultierenden Körperhaltung kann in der Software anhand von vorhandenen Bewertungsmethoden durchgeführt werden. Darüber hinaus könnten unternehmensspezifische Methoden implementiert werden.
- Die Speicherung von Körperhaltungen bzw. anderen Ergebnissen stellt einen wichtigen Aspekt dar. Die Software bietet allerdings nur die Möglichkeit zur Speicherung der Daten in einem internen Datenformat (*.rf). Hier ist die zentrale Speicherung dieser Daten in ein Standardformat zweckmäßig.
- Abschließend ist noch zu erwähnen, dass das verwendete Menschmodell RAMSIS über die erforderlichen verschiedenen Personentypologien verfügt und hiermit eine Sichtanalyse anhand von Sichtkegeln und -fenstern bewältigt werden kann.

5. Ausblick

Zur Effizienzsteigerung der Mensch-Computer-Interaktion beim Einsatz von Menschmodellen in der virtuellen Montageabsicherung gilt es aus unserer Sicht zunächst vorwiegend zwei Aspekte zu optimieren: Einerseits das Datenmanagement und den damit verbundenen Datentransfer, andererseits die Erweiterung vorhandener bzw. die Entwicklung neuer Funktionalitäten, die den Eingriff des Softwarebenutzers bei der Umsetzung einer Untersuchung auf ein Minimum reduzieren.

6. Literatur

1. Bracht, U. & Bergbauer, J. 2003, Digitale Fabrikplanung in einer Virtuellen Umgebung. In: T. Schulze et al. (Hrsg.), Simulation und Visualisierung 2003, Proceedings der Tagung am Institut für Simulation und Graphik der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg am 6. und 7. März. Magdeburg: Institut für Simulation und Graphik.
2. Hudelmaier, J. 2008, Das Menschmodell RAMSIS. Internetadresse:
http://www.lfe.mw.tum.de/forschung/humanmodeling/Ramsis_Flyer.pdf (06.01.2008).

Leistungsmodell für den Transport instabiler Gegenstände

Marianela DIAZ-ZELEDON und Kurt LANDAU

*Institut für Arbeitswissenschaft, TU Darmstadt,
Petersenstrasse 30, D-64287 Darmstadt*

Kurzfassung: Hohe sensumotorische Anforderungen ergeben sich bei der Handhabung instabiler Gegenständen (z.B. mit Flüssigkeiten gefüllte Gegenstände) in chemisch-pharmazeutischen Labors, im Gesundheitswesen, in der Nahrungsmittelproduktion, im Servicebereich oder bei Wartungsarbeiten. Jedoch ist die Frage des Einflusses des Füllstandes, sowie räumlicher Faktoren und Bewegungsphasen auf die Leistungsfähigkeit beim Transport instabiler Objekte in industriellen Anwendungen völlig ungeklärt. Zu diesem Zweck wurden empirische Daten von 30 Versuchspersonen statistisch analysiert und mathematisch modelliert.

Schlüsselwörter: instabile Objekte, delikate Objekte, Bewegungsanalyse, Bewegungssimulation.

1. Einleitung

Unter delikaten Objekten werden Arbeitsgegenstände verstanden, die wegen besonderer Form und Beschaffenheit eine außerordentliche sorgfältige Manipulation durch den Mitarbeiter erforderlich machen. Zu delikaten Objekten zählen z.B. scharfkantige oder zerbrechliche Arbeitsobjekte. Ebenso gehören dazu gefettete Teile oder Objekte, die Flüssigkeiten enthalten.

In der Literatur zur Robotik sowie zur Kinesiologie werden im Zusammenhang mit dem Begriff delikate Objekte (Englisch: delicate objects) folgende Eigenschaften ihrer Handhabung erläutert:

- hochpräzise Handhabung und Positionierung
- anspruchsvolle Propriozeption
- besondere Anforderungen an visuelle Rückkoppelung und Kraftrückkoppelung
- Sicherstellung stabiler Greifbewegungen
- Verletzungsgefahr für Mensch und Arbeitsobjekt.

Hohe sensumotorische Anforderungen ergeben sich bei der Handhabung instabiler Gegenständen (z.B. mit Flüssigkeiten gefüllte Gegenstände) in chemisch-pharmazeutischen Labors, im Gesundheitswesen, in der Nahrungsmittelproduktion, im Servicebereich oder bei Wartungsarbeiten.

Die Handhabung instabiler Objekte anhand von Leistungs- Beanspruchungs- und Ermüdungsparametern wurde bisher kaum untersucht (z.B. Dean et al. 1999; Stins et al. 2001; Steenbergen et al. 1995; Okuribido & Haslegrave 2003). Risikofaktoren für mögliche arbeitsbedingte Erkrankungen —z.B. Repetitive Strain Injuries, RSI— (z. B. Strasser & Müller 1999; Cube Modell von Laring 2004; Kuorinka & Forcier 1995) nehmen auf die Handhabung instabiler Objekte keine Rücksicht.

Die menschliche Leistung ist bei der Analyse von Hand-Armfunktionen ohne Zweifel auch wirtschaftlich ein bedeutsamer Faktor. Die Planung von Zeitdauern eines bestimmten Arbeitsablaufes ist durch „Systeme vorbestimmter Zeiten“ (SvZ) seit den 60er Jahren möglich. Allerdings gibt es immer noch Forschungslücken in Bezug auf

Bewegungsbedingungen, die einen Einfluss auf die menschliche Leistung haben. Dies ist z.B. bei der Objektsinstabilität der Fall, deren Anforderungen an Genauigkeit und Bewegungskontrollstrategie unbekannt sind.

Der Zweck dieser Arbeit besteht darin, eine systematische Aufklärung und Modellierung der menschlichen Leistung unter Berücksichtigung der Instabilität des bewegten Objektes und der räumlichen Bedingungen zu betreiben. Somit sollen wichtige, sowohl grundlagenorientierte als auch industrierelevante Forschungslücken in der kinematischen Analyse (Bewegungszeit der Hand) instabiler Objekte geschlossen werden.

2. Methode

Im Rahmen dieser Untersuchung wurden 3D-Bewegungen des Menschen per Video (APAS) aufgenommen, EMG's mit Oberflächenelektroden (Par-port) gemessen, Befragungen über die subjektive Empfindung der Instabilität durchgeführt sowie anthropometrische-biomechanische Daten (Größen, Muskelkraft, usw.) erhoben.

Zur Bewegungszeiterfassung, die die Leistung darstellen, wurde ein reflektierenden Marker (1 cm Durchmesser) an der Hand platziert und anhand der APAS Software (50Hz) automatisch berechnet (Diaz et al. 2007).

2.1 Experimentelles Design

Insgesamt nahmen 30 rechtshändige Versuchspersonen im Alter von 20 bis 30 Jahren an der Untersuchung teil. Der Versuchsaufbau und -ablauf ist im Detail bei Diaz et al. (2007) beschrieben.

Die Probanden wurden angewiesen ein gefülltes Glas (L1= 0%, L2= 80%, L3= 90%, L4= 95% gefüllt) von einer Anfangsposition bis zu einer Zielposition (D1= 80%, D2= 100%, D3= 140% der Armlänge) zu transportieren, ohne den Inhalt zu verschütten (P1= vom Körper weg). Nach einem Signal des Versuchsleiters sollten sie das Glas zurück zur Anfangsposition transportieren (P2= zum Körper hin). Es wurden keine Instruktionen über die Geschwindigkeit der Bewegung gegeben. Die Reihenfolge der Kombinationen zwischen Füllstand und Zielposition wurde randomisiert. Die Aufteilung der ganzen Transportbewegung des Hand-Arm-Systems in Grundbewegungen erfolgte mittels eines Licht-Systems, wobei das Bringen beim ersten Kontakt zwischen Fingern und Objekt beginnt und beim Kontakt zwischen Objekt und Zielposition endet. Das Glas hatte einen Durchmesser von 60 mm, eine Höhe von 110 mm und ein Gewicht (unabhängig vom Füllstand) von 460g.

Die statistische Überprüfung erfolgte auf der Basis eines allgemeinen linearen Modells (ALM) mit Messwiederholung nach Bortz (2005).

Abschließend wurde ein mathematisches Leistungsmodell für den Transport instabiler Gegenstände bei der Anpassung der empirischen Daten berechnet.

3. Ergebnisse

3.1 Einfluss der Zielposition, Objektinstabilität und Bewegungsphase

Signifikante Ergebnisse (s. Tab.1) bestätigen folgende Arbeitshypothesen zur menschlichen Leistung:

- Je größer die Zielposition ist, umso länger ist die Bewegungszeit der Hand beim Bringen.
- Die Bewegungszeit der Hand beim Bringen ist länger für Aufgaben, die mehr Präzision (höherer Füllstand) erfordern.
- Bei gleicher Zielposition unterscheidet sich jedoch die Bewegungszeit der Hand beim Bringen vom Körper weg vom Bringen zum Körper hin.
- Ein interaktiver Effekt der Zielposition und des Füllstandes ist zu erwarten.

Tabelle 1: Ergebnisse des Tests der Innersubjekteffekte (N= 30) auf dem Niveau 0,05 signifikant (*).Anpassung nach Greenhouse-Geisser für nicht angenommene Sphärizität

Effekt	df	df (Fehler)	Mittlere Quadrate	F	Signifikanz
L (Füllstand)	1,58	45,82	15,96	120,31	0,000*
D (Zielposition)	1,52	44,13	41,04	491,81	0,000*
P (Bewegungsphase)	1	29	0,904	33,36	0,000*
L x D	4,15	120,36	0,53	10,42	0,000*
L x P	3	87	0,05	6,90	0,000*
D x P	1,25	36,28	0,01	0,18	0,73
L x D x P	4,42	128,07	0,01	0,789	0,55

Tabelle 2 zeigt die deskriptiven Statistiken der Bewegungszeit der Hand beim Bringen in Abhängigkeit von der Zielposition, dem Füllstand und der Bewegungsphase.

Tabelle 2: Bewegungszeit der Hand beim Bringen (Mittelwert \pm Stand.Abw) [Sek.] (N= 30)

	P1: Bringen vom Körper weg			P2: Bringen zum Körper hin		
	D1= 80%	D2= 100%	D3= 140%	D1= 80%	D2= 100%	D3= 140% der Armlänge
L1= 0%	0,74 \pm 0,13	0,95 \pm 0,17	1,29 \pm 0,29	0,75 \pm 0,12	0,99 \pm 0,19	1,34 \pm 0,30
L2= 80%	0,83 \pm 0,18	1,11 \pm 0,23	1,48 \pm 0,32	0,90 \pm 0,18	1,16 \pm 0,24	1,55 \pm 0,29
L3= 90%	0,86 \pm 0,16	1,18 \pm 0,30	1,59 \pm 0,36	0,95 \pm 0,21	1,24 \pm 0,25	1,68 \pm 0,29
L4= 95% gefüllt	1,07 \pm 0,25	1,36 \pm 0,32	1,98 \pm 0,43	1,18 \pm 0,25	1,48 \pm 0,34	2,08 \pm 0,38

3.2 Leistungsmodel beim Transport instabiler Gegenstände

Die Anpassung der empirischen Daten an ein mathematisches Leistungsmodell ergab, dass bei einer konstanten Zielposition D_i und einer konstanten Bewegungsphase P_j die Bewegungszeit der Hand beim Bringen (Bwzeit) als eine Funktion der Instabilität des Objektes L beschrieben werden kann (Gleichung 1).

$$\text{Bwzeit} = a + b \times L^{2,5} + c \times \exp(L) \quad (\text{Gleichung 1})$$

Weiterhin kann bei einem konstanten Füllstand L_k und einer konstanten Bewegungsphase P_j die Bewegungszeit der Hand beim Bringen (Bwzeit) als eine Funktion der Zielposition D beschrieben werden (Gleichung 2). Eine Regression der MTM-Tabellenwerten in Abhängigkeit der Zielposition ergibt auch ein Polynom n-ter Ordnung.

$$\text{Bwzeit} = g \times D + h \quad (\text{Gleichung 2})$$

Die Koeffizienten der mathematischen Modelle sind sowohl bei gemessener Zielposition, Bewegungsphase und Füllstand in Tabelle 3 und 4 dargestellt.

Tabelle 3: Koeffizienten der Gleichung 1

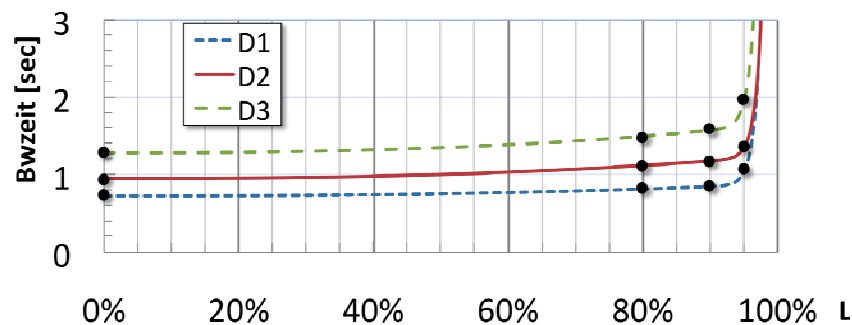
	P ₁			P ₂		
	D ₁	D ₂	D ₃	D ₁	D ₂	D ₃
a	0,740	0,948	1,285	0,750	0,988	1,334
b	1,551 E-06	2,938E-06	3,746E-06	2,593E-06	3,174E-06	4,227E-06
c	1,067 E-42	8,463E-43	2,018 E-42	1,113E-42	1,177E-42	2,069E-42
R ²	0,999	0,999	0,998	0,999	0,999	0,996

Bei anderen Variablenwerten sind Voraussagen durch Interpolation möglich.

Tabelle 4: Koeffizienten der Gleichung 2

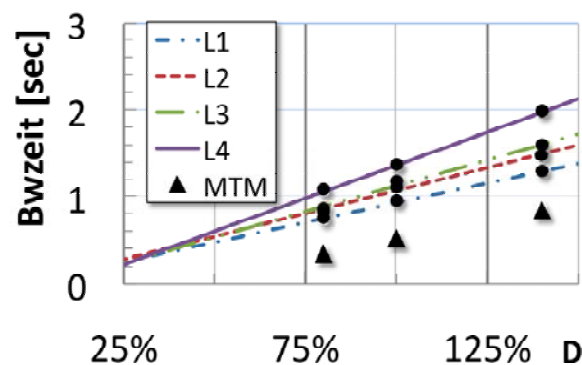
	P ₁				P ₂			
	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄
g	9,071E-03	1,061E-02	1,189E-02	1,521E-02	9,679 E-03	1,068E-02	0,012	0,015
h	2,571E-02	8,571E-03	-5,857 E-02	-0,153	-5,714 E-03	6,429E-02	9,999E-03	-0,02
R ²	0,997	0,989	0,986	0,999	0,993	0,994	0,995	1,000

Eine graphische Darstellung der Modelle zeigt die Güte der Anpassung an die empirischen Daten (vgl. Abb. 1 und 2).

**Abbildung 1:** Leistungsmodell (Gleichung 1)

Im MTM-Verfahren sind die Instabilität eines Objektes sowie der Einfluss der Bewegungsphase nicht explizit beachtet. Dennoch zeigt diese Arbeit, dass die Berücksichtigung von zusätzlichen Einflussgrößen wie den Instabilität und der Einfluss der Bewegungsphase beim Bringen an bestimmten Arbeitsplätzen notwendig ist, um Voraussagen der Bewegungszeit der Hand beim Bringen machen zu können.

Das oben dargestellte Leistungsmodell sollte wie eine Erweiterung der vorhandenen SvZ benutzt werden, um eine bessere Zeitplanentwicklung zu erzielen

**Abbildung 2:** Leistungsmodell (Gleichung 2)

4. Literatur

1. Bortz, J. 2005, Statistik für Human-und Sozialwissenschaftler. Heidelberg: Springer Verlag.
2. Dean, C.M, Shepherd, R.B. & Adams, R.D. 1999, Sitting balance I: trunk–arm coordination and the contribution of the lower limbs during self-paced reaching in sitting, *Gait and Posture*, 10, 135–146.
3. Diaz-Zeledon, M., Lin, C.L. & Landau, K. 2007, Untersuchung und Analyse ergonomischer Ganzkörper-Bewegungen beim Aufnehmen und Platzieren instabiler Gegenstände. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg.), Kompetenzentwicklung in realen und virtuellen Arbeitssystemen. Dortmund: GfA Press.
4. Kuorinka, I. & Forcier, L. (Eds.). 1995, Work related musculoskeletal disorders (WMSDs): A reference book for prevention. London: Taylor & Francis.
5. Laring, J. 2004, Ergonomic workplace design: Development of a practitioners tool for enhanced productivity, Ph.D. Thesis, Chalmers University of Technology. Goteborg: Chalmers University of Technology.
6. Okunribido, O.O. & Haslegrave C.M. 2003, Pouring liquid from a pot-kinematics of an everyday task, *Applied Ergonomics*, 34, 355- 373.
7. Steenbergen, B., Marteniuk, R.G. & Kalbfleisch, L.E. 1995, Achieving Coordination in Prehension: Joint Freezing and Postural Contributions, *Journal of Motor Behavior*, 27, 333- 348.
8. Stins, J.F., Kadar, E.E. & Costall, A. 2001, A kinematic analysis of hand selection in a reaching task, *Laterality: Asymmetries of Body, Brain, and Cognition*, 6, 347-367.
9. Strasser, H. & Mueller, K.W. 1999, Favourable movements of the hand-arm system in the horizontal plane assessed by electromyographic investigations and subjective rating, *International Journal of Industrial Ergonomics*, 23, 339-347.

Herrn Dr. Lin von National Tsing Hua University, Taiwan, danken wir für die Zusammenarbeit bei der Datenerhebung.

Ergonomie-Werkzeuge zur Entscheidungsunterstützung in der Planung von Montageprozessen

Gabriele WINTER, Karlheinz SCHAUB,
Ralph BRUDER und Kurt LANDAU

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

Kurzfassung: Das Ausklammern ergonomischer Prinzipien auf der Planungs- und Gestaltungsebene begünstigt bei der Herstellung und Produktion von Produkten Gestaltungsfehler, die ursächlich an der Entstehung von arbeitsbezogenen Beschwerden und Erkrankungen der Mitarbeiter beteiligt sein können. Im Rahmen der Anwendung von Ergonomie-Werkzeugen als Entscheidungsgrundlage und -vorbereitung von Gestaltungsalternativen wurde ein Screening-Verfahren in seinen Dimensionen, Wechselwirkungen und Grenzen innerhalb der Planung von Montageprozessen untersucht.

Schlüsselwörter: Automobilindustrie, Montage, Risikoanalyse, physische Belastung, konzeptive pro-aktive Ergonomie.

1. Einleitung

Das Institut für Arbeitswissenschaft der TU Darmstadt arbeitet seit über zehn Jahren auf dem Gebiet der pro-aktiven Arbeitsgestaltung im Automobilbau, mit einer Vielzahl von Automobilherstellern und einer ganzen Reihe von Zulieferunternehmen in Deutschland zusammen. Seit bereits Anfang des Millenniums werden in führenden Unternehmen der Automobilindustrie Screening-Verfahren zur Bewertung körperlicher Arbeit mit dem Ziel eingesetzt, eine ergonomische Arbeitsplatzbewertung in der Montage durchzuführen.

Inzwischen haben sich die mit den Industriepartnern entwickelten Verfahren weitgehend etabliert (vgl. Landau et al. 2004) und finden nicht nur in der Produktionsphase zur ergonomischen Arbeitsgestaltung Anwendung, sondern tragen auch im Produktentstehungsprozess zur Entscheidungsvorbereitung bei der Planung von Betriebsmitteln und Fördertechnik der künftigen Montagelinie bei. Im vorliegenden Beitrag soll insbesondere das Screening-Verfahren „Automotive Assembly Worksheet AAWS“ (vgl. Schaub 2004) betrachtet werden.

Die Anwendung des Verfahrens AAWS in der betrieblichen Praxis führt zu begründeten Präventionsmaßnahmen, wodurch der Arbeits- und Gesundheitsschutz nachhaltig gestärkt wird. Auf der Basis von Planungsanalysen und den Geometriedaten von Produkt, Arbeitsplatz und Arbeitsmitteln werden fallweise Risikoanalysen für ein zu wählendes Kollektiv (beschrieben durch Kraft- und Körperhöhenperzentile) durchgeführt. Damit können ergonomisch ungünstige Arbeitssituationen bereits in der Planungsphase erkannt und kostengünstig korrigiert werden.

2. Methodenbeschreibung

Ein wesentlicher Aspekt der ergonomischen Montagegestaltung ist es, das Produkt,

also das Kraftfahrzeug mit seinen technischen Eigenschaften im Zusammenhang mit den Auswirkungen der Montage dieses Produktes zu sehen. Um möglichst früh in der Produktentwicklung die Produktmerkmale zu finden, die die spätere Herstellung maßgeblich beeinflussen, werden mit dem Einsatz des Ergonomie-Werkzeuges unterschiedliche Szenarien zur späteren Montage in der Planungsphase vorgestellt.

Eine primäre Aufgabe hierbei ist, ergonomische Standards (bzw. best practices) von Anfang an in die Planung der neuen Modelle und der künftigen Linie mit einfließen zu lassen. Prinzipiell lehnt sich die Vorgehensweise an die bekannten Arbeitsmethoden der Konstruktion an. Ein arbeitswissenschaftliches Vorgehen zur Entwicklung neuer Gestaltungsansätze zeigt Abbildung 1 auf: es erfolgt auf Basis einer Analyse zur Montagesituation eine Verknüpfung zwischen den Methoden der Produkt-Entwicklung und der Ergonomie, so dass bereits in einem frühen Stadium ergonomische Aspekte beachtet werden können.

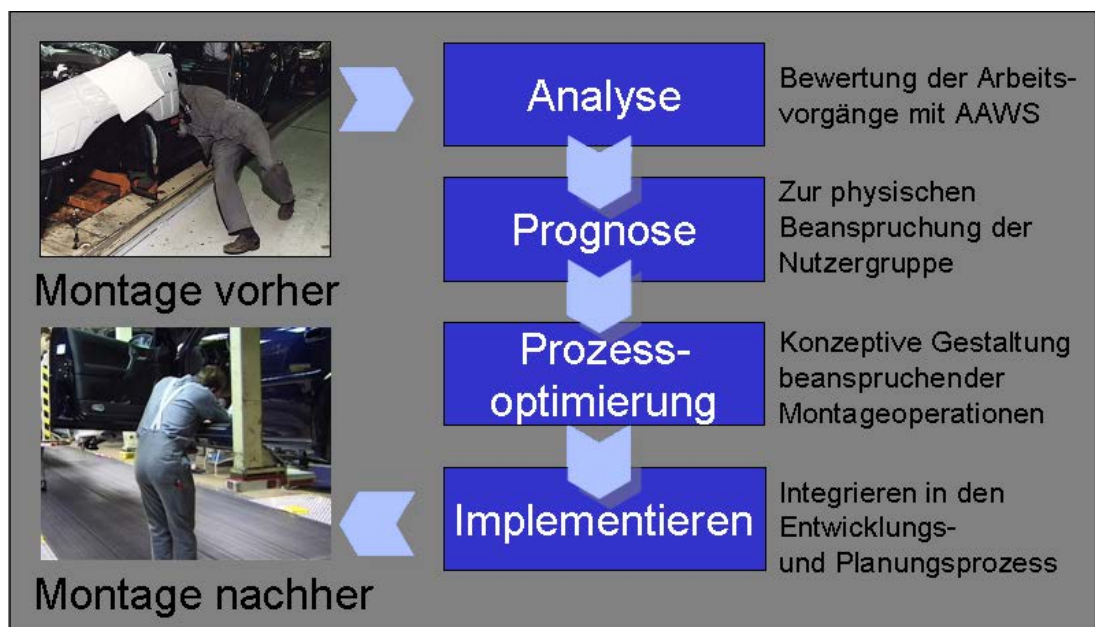


Abbildung 1: Unterstützung des Gestaltungsprozesses durch Anwenden ergonomischer Methoden

Zunächst orientieren sich die Konstrukteure und Planer an Vorgaben des Vorgängermodells (Ist-Zustand des Referenzmodells). Innerhalb der ersten Fahrzeugentwicklungsphase wird geklärt, ob bestimmte Produktmerkmale die spätere Herstellung des Produkts in Bezug auf die Belastungen des Werkers wesentlich beeinflussen. Dies entspricht einem konzeptiven, pro-aktiven Ergonomie-Ansatzes mit dem Ziel, mögliche Engpässe bereits im Planungsstadium zu eliminieren. Im nächsten Schritt werden die Arbeitsvorgänge zu Takten zusammengestellt, um einen Arbeitsablauf für einen Fahrzeugbereich (zur Montage der Produktkomponenten) festzulegen.

2.1 Aufbau und Ergebnisdarstellung des Verfahrens

Innerhalb der PKW-Montage treten insbesondere Körperhaltungen mit geringem äußeren Kraftaufwand (<30-40N oder 3-4kg) auf. Dementsprechend deckt das Verfahren im Wesentlichen vier Bereiche zur Bewertung der körperlichen Arbeit ab: Körperhaltung, Körperkraft, Lastenhandhabung sowie Hand-Armsystem. Bewertungsgrundlage zur Körperhaltung bilden die Verfahren nach Sämann (1970), EN 1005-4 etc. Körperkräfte wurden u.a. nach den Verfahren von Burandt (1978) und Schultetus (1987) bewertet. Analog gilt dies auch für das Handhaben von Lasten, wobei auch nach dem NIOSH Verfahren

(Waters et al. 1993) bzw. nach der Leitmerkmalmethode (LMM) analysiert werden konnte. Das Verfahren steht als 2-seitige Papier- und Bleistift Version (vgl. Schaub 2004) sowie als EXCEL Lösung zur Verfügung. Die Risikobeurteilung lehnt sich an das im Rahmen der Maschinenrichtlinie vorgesehene Ampelprinzip an (EN 614-1).

2.2 Anwendung des Verfahrens in einem iterativen Gestaltungsprozess

Das Screening-Verfahren ist in einen iterativen Gestaltungsprozesses integriert, der auch Bestandteil des kontinuierlichen Verbesserungsprozesses sein kann (korrektive Anwendung). Jedoch im Planungsstadium bzw. bei der Prototypentwicklung werden die einzelnen Arbeitsvorgänge taktunabhängig betrachtet.

Es ist zu beachten, dass zu jeder Phase des Fahrzeugentstehungsprozesses eine unterschiedliche Datenbasis für das Screening-Verfahren vorliegt:

- Design: Grobe Geometriedaten zu Form und Gestalt (vorwiegend digitale Daten)
- Konstruktion: Verfeinerte Geometriedaten sowie Daten zu Werkstoffen und Materialeigenschaften, Funktionsmaße, Lage der Bauteile etc.
- Prototyp: Erste Zeitanalysen auf der Basis der ersten physische Repräsentanz des künftigen Produktes, bildet die Grundlage der verfeinerten Gestaltung, bietet eine Optimierung der künftigen Abläufe
- Produktion: Bau des Produktes nach den geplanten Abläufen mit eingeschränkten Möglichkeiten zur Änderung der Ablaufgestaltung, Prozessgestaltung und Mitarbeitereinsatz

Zu Beginn des iterativen Gestaltungsprozesses wird die ergonomische Bewertung eines geplanten Prozessbausteines mit dem Screening-Verfahren AAWS durchgeführt. Es wird der ausgewählte Arbeitsvorgang hinsichtlich der ergonomischen Montagesituation (Beziehung zwischen geplanter Produktkomponente und Betriebsmitteln, Fördertechnik) untersucht. Bei dem Modellwechsel müssen beispielsweise die Fügeoperationen neu geplant werden (Beispiel Montage Armaturen; Drehmomente zum Befestigen der Bauteile, Anzahl und Art der Schnappverbindungen). Es wird zunächst der Planungsprozess mit dem AAWS gestartet, wobei oftmals die Arbeitsvorgänge des Vorgängermodells als Ausgangsbasis genommen werden. Falls hierbei ergonomische Gestaltungspotenziale identifiziert werden können, werden die möglichen Schritte zur Änderung der vorgestellten Belastungssituation vorgeschlagen bzw. auf Basis der bereits dokumentierten guten Gestaltungslösungen (best practices) abgeleitet. In Folge dessen werden verschiedene Szenarien zur Umsetzung der modifizierten Gestaltungssituationen unter Einsatz des Screening-Verfahrens durchgespielt.

3. Resultate und Ausblick

Stand bisher vornehmlich die zeitliche Optimierung der Takte im Vordergrund der Montageplanung, so gestattet das Einbeziehen der ergonomischen Potenziale in den Planungsprozess eine belastungsoptimierte Austaktung der Linie. So zeigte sich in einer Fallstudie, dass sich im Rahmen eines Modellwechsels ehemals vorhandene kritische Arbeitssituationen zu einem hohen Anteil reduziert werden konnten. Durch eine optimierte Abfolge der Arbeitsvorgänge können innerhalb der einzelnen Arbeitstakte reduzieren sich ebenfalls die körperlichen Belastungen. Zu den einzelnen Produktkomponenten bzw. den möglichen Technologien/Fördertechniken lassen sich ergonomisch begründete Gestaltungsempfehlungen exemplarisch ableiten. Es zeigte sich beispielsweise ein Rückgang an gebeugten Körperhaltungen durch Verlagern der Tätigkeiten in Bandabschnitte mit erweiterter Karosserhöhe bzw. durch konstruktive Änderungen einzelner Fahrzeugkomponenten (Modulbauweise). Auch lässt sich der Anteil an Überkopfar-

beit mindern, da durch eine Umstrukturierung der entsprechenden Arbeitsvorgänge (Bereich Schweller, Front und Heck) ein Absenken der Karosse realisiert werden kann. Zusammenfassend können folgende Effekte bei der Auslegung neuer Arbeitsstationen gegenüber dem Vorgängermodell aufgezeigt werden:

- Verminderung an körperlichen Zwangshaltungen (gebeugte, seitlich geneigte Körperhaltungen) durch Modifikation von Produktkomponente
- Reduktion an statischen Körperhaltungen durch Versetzen von Bauteilen in ergonomisch günstigen Arbeitsbereich
- Verminderung an Überkopfarbeit im Gehänge durch Integration der notwendigen manuellen Fügeoperationen mit einem bereits bestehenden teilautomatischen Fügeprozessen
- Reduktion der physischen Beanspruchung durch Qualifikation und der Einführung von Job-Rotation, Werkerschulungen zur ergonomischen Bedienung der Betriebsmittel, Anwendung von Werkzeugen (verhaltenspräventive Maßnahmen)
- Einsatz von ergonomischen Werkzeugen, Schnappverschlüssen etc. führen zur Reduktion der Hand-Armbelastung
- Reduktion der körperlichen Beanspruchung (Wirbelsäule, Gelenke) durch Einsatz von Handlinggeräten zur Lastenhandhabung
- Einsparung an Materialien
- Zeiteinsparung
- Erhöhung der Prozesssicherheit

Es zeigt sich anhand der Fallstudien, dass vor allem fehlende ergonomische und organisatorische Kenntnisse der Konstrukteure und Planer, aber auch der Einkäufer und Personalplaner, ergonomisch und organisatorisch suboptimale Montagearbeitsysteme mit sich bringen. Daher ist mit dem Einsatz eines Screening-Verfahrens auch eine Schulung der Akteure notwendig, wodurch im ersten Schritt die Wissensdefizite zur Ergonomie beseitigt und eine Sensibilisierung für ergonomische Schwachstellen bewirkt werden kann. Darüber hinaus sollte auch im Rahmen der Implementierung des Ergonomieprozesses ein bereichsübergreifender Einsatz des Screening-Verfahrens über die verschiedenen Prozessstufen der Wertschöpfungskette angestrebt werden.

4. Literatur

1. Burandt, U. 1978, Ergonomie für Design und Entwicklung. Köln. Schmidt.
2. Landau, K., Spelten, Ch. & Winter, G. 2004, Nachhaltige und ergonomische Gestaltung von Industriearbeitsplätzen, Technische Universität Darmstadt, 2 / 2004, Thema Forschung, Nachhaltige Gestaltung von Technik und Wissenschaft, 130-135.
3. Schaub, Kh. 2004, Das „Automotive Assembly Worksheet“ (AAWS). In: K. Landau (Hrsg.), Montageprozesse gestalten: Fallbeispiele aus Ergonomie und Organisation. Stuttgart: Ergonomia, 91 – 111.
4. Sämman, W. 1970, Charakteristische Merkmale und Auswirkungen ungünstiger Arbeitshaltungen. Berlin: Beuth.
5. Schultetus, W. 1987, Montagegestaltung. In: W. Lange & W. Doerken (Hrsg.), Praxis der Ergonomie. Köln: Verlag TÜV Rheinland.
6. 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.

Worst Case-Analyse der Beanspruchung des Herz-Kreislauf-Systems der Bodenverkehrsdienste an einem innerdeutschen Flughafen

Andrea SINN-BEHRENDT, Verena BOPP, Rolf HELBIG,
Kurt LANDAU und Ralph BRUDER

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

Kurzfassung: Vorgestellt werden die Ergebnisse einer Untersuchung bei den Bodenverkehrsdiensten (BVD), die für die Be- und Entladung von Flugzeugen verantwortlich sind. Hintergrund war die geplante Einführung eines neuen Schichtsystems. Aus diesem Grund erfolgten eine Worst-Case-Analyse der Beanspruchung des Herz-Kreislauf-Systems sowie ein Screening der muskuloskelettalen Belastungen zunächst im alten Schichtsystem. Wesentliches Ergebnis war, dass vorhandene ablaufbedingte Wartezeiten insbesondere im Bereich zwischen ein bis fünf Minuten notwendig sind, um die Gefahr einer Überbeanspruchung des Herzkreislaufsystems zu reduzieren. Eine anforderungsangepasste Personalauswahl ist in einigen Tätigkeitsbereichen ebenfalls erforderlich.

Schlüsselwörter: Beanspruchungsanalysen, Risikobewertung von Arbeitsplätzen.

1. Einleitung

Um den logistischen Anforderungen eines Großflughafens noch besser gerecht zu werden, wurde eine stärkere Anpassung der Arbeitszeiten an den stark schwankenden betrieblichen Personalbedarf unter Berücksichtigung individueller Arbeitszeitwünsche der Beschäftigten notwendig.

Die Simulation und Einführung der flexiblen Schichtpläne sollte arbeitswissenschaftlich, arbeitspsychologisch und arbeitsmedizinisch begleitet werden u.a. mit den Zielen, Überbelastungen zu vermeiden, Akzeptanz zu maximieren und höchstmöglichen Gesundheitsschutz zu bieten. Dazu war es notwendig vor Einführung des neuen Schichtsystems eine Bestandsaufnahme hinsichtlich der vorhandenen Belastungen und Beanspruchungen sowie der Zufriedenheit der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter vorzunehmen, um den Ist-Zustand zu dokumentieren. Ziel ist die Beantwortung der Frage, ob es im ungünstigsten Fall zu einer gesundheitlichen Überbeanspruchung der Mitarbeiter im untersuchten Schichtsystem kommt.

Die untersuchten BVD-Mitarbeiter arbeiten in unterschiedlichen Funktionen am Flugzeug bei der Be- und Entladung. Sie leisten bei vielen Teiltätigkeiten – neben unterschiedlichen Anteilen primär informatorischer Arbeit – vorwiegend energetische Arbeit (Mischung aus Haltungsarbeit, Haltearbeit, schwerer dynamischer Arbeit). Daraus lassen sich einerseits das Herzkreislaufsystem, andererseits das skelettale System (Wirbelsäule, Hüft- und Kniegelenke) als Engpass-Systeme ableiten.

Die Arbeitsbedingungen insbesondere der sogenannten Q2-Flugzeugabfertiger sind wesentlich durch die Frachtraumhöhen (55 cm im Minimum) und –dimensionen der Flugzeuge beeinflusst. Insbesondere im Heckteil der Bellies sind die räumlichen

Verhältnisse sehr beengt.

In konventionellen Maschinen findet rein manuelles Be- und Entladen statt, in Großraumflugzeugen dagegen manuelles Laden nur im hinteren Belly unter Einsatz eines Förderbandes. Die Mitarbeiter sind zusätzlich belastet durch klimatische Faktoren, Lärm, Abgase und Unfallgefahren.

2. Methoden

Der Engpass des skelettalen Systems wurde auf der Beanspruchungsseite durch die Erhebung der subjektiven Beschwerden der Beschäftigten durch eine schriftliche Befragung, in der u.a. die Discomfort Scale nach Corlett & Bishop verwendet wurde, erfasst. Hierbei wurde die gesamte Abteilung befragt.

Auf der Belastungsseite wurde, um den muskuloskelettalen Engpass (Wirbelsäule, Knie) zumindest orientierend zu erfassen, das Screeningverfahren IAD-BkA (Bewertung körperlicher Arbeit) eingesetzt, das - entwickelt in Kooperation mit der Berufsgenossenschaft der Feinmechanik und Elektrotechnik - die Bewertung der Handhabung von Lasten unter Berücksichtigung des Engpasses der muskulären Komponente gestattet.

Dieses Verfahren ist als Screening-Verfahren zum Bewerten körperlicher Arbeit in unterschiedlichen Berufsbranchen einsetzbar mit dem Ziel, ein Gefährdungspotential für arbeitsbedingte Erkrankungen - insbesondere der Wirbelsäule - zu erkennen. Die Leitmerkmalmethode „Lastenhandhabung“ (LMM) der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) bildete die Basis für das vom Institut für Arbeitswissenschaft der TU Darmstadt entwickelte Verfahren zur Bewertung körperlicher Arbeit (IAD-BkA). Als Screening-Verfahren für die Beurteilung von schwerer dynamischer Muskelarbeit und wirbelsäulenrelevanter statischer Haltungsarbeit eignet es sich vor allem auch für die Beurteilung nicht repetitiver vorwiegend körperlicher Tätigkeiten.

Aus der Erfassung verschiedener Tätigkeitsmerkmale wie Lastgewicht, Häufigkeit der Umsetzvorgänge, Körperhaltung und weiterer Randbedingungen werden Risikoindizes abgeleitet, wobei ein Risikoindex >2 eine hohe Belastung anzeigt, bei der eine körperliche Überlastung für normal belastbare Personen wahrscheinlich ist und Maßnahmen zur Risikoverminderung (Arbeitsgestaltungsmaßnahmen, Verhaltensergonomie, Personalauswahl) erforderlich werden.

Die objektive Beanspruchung des Herz-Kreislaufsystems wurde durch Messung der Herzschlagfrequenz mit Hilfe eines tragbaren Systems der Firma Polar erhoben. Das Polar-Team-System kann Herzfrequenzdaten mehrerer Probanden gleichzeitig erfassen, besteht aus einer Interface/Ladestation (ILS), zehn Brustgurten, die gleichzeitig als Herzfrequenzmessgeräte und -sender fungieren, sowie der Polar-Precision-Performance-Software, mit deren Hilfe die Bearbeitung und Analyse der Herzfrequenzdaten erfolgt.

Ein wesentliches Kriterium bei der Entscheidung für das Polar-Team-System als Messsystem in diesem Projekt war die geringe Störanfälligkeit gegenüber externen Einflüssen wie elektromagnetische Felder, Bewegungen des Probanden während der Arbeit etc. Die Speicherung der Herzfrequenzdaten erfolgt - im Gegensatz zu anderen Messsystemen - direkt im Brustgurt, wodurch eine Störung durch externe elektromagnetische Felder minimiert wird. Das Team System misst alle 5 s die Herzfrequenz und speichert den aktuellen Herzfrequenz-Wert, der zum jeweiligen Messzeitpunkt vorliegt.

Um die physiologischen Daten den jeweiligen Tätigkeiten zuordnen zu können, was für eine korrekte Interpretation der Daten erforderlich ist (Artefakte), erfolgte während der gesamten Schicht eine Tätigkeitsaufschreibung. Die Konzeption der Analysebögen hatte das Ziel, die verschiedenen Teiltätigkeiten möglichst vollständig zu erfassen, wobei besonderes Augenmerk auf den von externen Analytikern beobachtbaren, körperlich belastenden Teiltätigkeiten lag. Da die Beanspruchungsbeurteilung auf der Grundlage einer Worst Case-Betrachtung erfolgte, wurde dieser „ungünstigste Fall“ anhand personen- und tätigkeitsbezogener Kriterien definiert, die in Absprache zwischen dem IAD und dem Flughafenbetreiber sowie auf Grundlage der Erfahrungen des Arbeitsmedizinischen Dienstes und früherer arbeitswissenschaftlicher Untersuchungen der Bodenverkehrsdienste festgelegt wurden. Daraus abgeleitet wurden folgende Tätigkeitsgruppen mit einer Stichprobengröße von jeweils 15 Personen untersucht:

- Abfertiger der Qualifikationsstufe 2, die überwiegend am bzw. im Flugzeug arbeiten,
- Fahrer, deren Aufgabe der Gepäcktransport vom Gateraum zum Flugzeug und umgekehrt ist, sowie
- Lademeister-Agenten, die neben logistischen Aufgaben ebenfalls bei der Beladung am Band aushelfen.

Die Altersstruktur der Stichprobe sollte die Altersverteilung der Mitarbeiter so weit möglich abbilden (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1: Kenngrößen der Versuchsstichprobe

Gruppe	Alter [Jahre]	Größe [Meter]	Gewicht [kg]	Abteilungs- zugehörigkeit [Jahre]
Q2-Abfertiger (n=15)	21 – 40 J. Mittelwert 29,4 J.	1,65 – 1,83 m Mittelwert 1,76 m	68 – 100 kg Mittelwert 81,3 kg	2,75 – 14 J. Mittelwert 5,75 Jahre
Fahrer (n=15/5)	26 – 44 J. Mittelwert 34,9 J.	1,78 – 1,93 m Mittelwert 1,87 m	85 – 97 kg Mittelwert 91,2 kg	2,0 – 14 J. Mittelwert 7,6 Jahre
Lademeister- agenten (n=15)	26 – 45 J. Mittelwert 40,9 J.	1,70 – 1,85 m Mittelwert 1,79 m	68 – 104 kg Mittelwert 83,3 kg	0,5 – 15 J. Mittelwert 7,1 Jahre

Im Sinne des Worst Case-Konzeptes wurden die Untersuchungen schichtbegleitend während der Frühschicht, aus organisatorischen Gründen jeweils Montag bis Freitag, durchgeführt. In dieser Schicht fallen die meisten Flugzeugabfertigungen mit entsprechend hohem Gepäckaufkommen an.

3. Ergebnisse

Aufgrund der unterschiedlichen Tätigkeiten in den verschiedenen Probandengruppen ergeben sich folgende Kriterien der Auslastung:

Die Anzahl der Ladestücke pro Mitarbeiter Schicht lag bei den Abfertiger im Mittel bei 407 (176-946) Stück. Der Mittelwert der abgefertigten Flugzeuge, unterteilt in konventionelle und Großraumflugzeuge lag bei 6,5 Flugzeugen pro Mitarbeiter und Schicht. Bei den Lademeisteragenten lag Der Mittelwert bei 5 Flugzeugen pro Mitarbeiter und Schicht.

Aus dieser Gruppe (Lademeister-Agenten und Q2-Abfertiger) haben 262 Mitarbeiterinnen/Mitarbeiter an der Befragung zu den arbeitsbedingten körperlichen Beschwerden teilgenommen. Die Abbildung 1 zeigt das Ergebnisse der Befragung mit einem Schwerpunkt im Bereich der Knie sowie der Schultern.

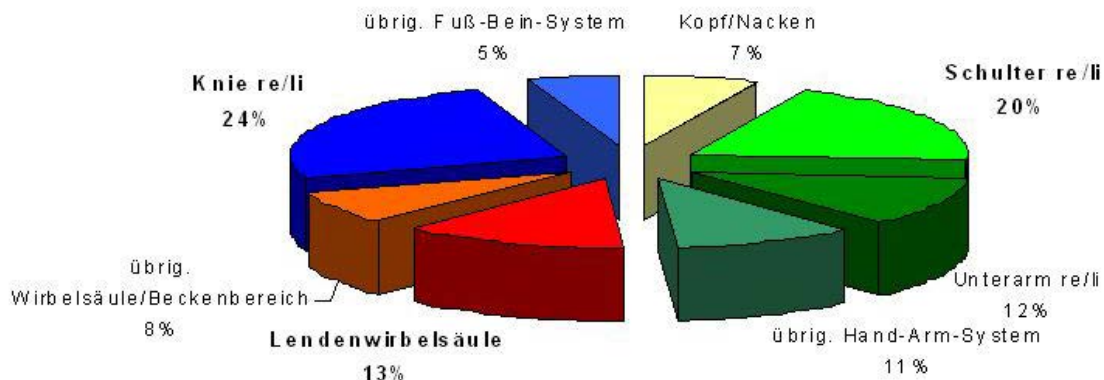


Abbildung 1: Arbeitsbedingte körperliche Beschwerden Abfertiger/Lademeisteragenten (n=262)

Die Belastungsanalyse der Q2-Abfertiger mit IAD-BkA ergab einen Risiko-Index RI_1 (Herz-Kreislauf-System) von 2 – 3 (entsprechend den errechneten Werten im Bereich von 0,4 – 2). Für die Arbeit als Q2-Abfertiger ist daher die Auswahl eines geeigneten Kollektivs (junge, körperlich gut belastbare Mitarbeiter) notwendig ist, um Überbeanspruchung und damit mögliche gesundheitliche Schäden zu vermeiden.

Der Risiko-Index RI_2 (skelettales System) lag bei 3 – 4. Dies bedeutet eine hohe Belastung, bei der eine körperliche Überlastung auch für normal belastbare Personen wahrscheinlich ist. Bei den Q2-Abfertigern sind daher neben einem ausgewählten Kollektive Maßnahmen der Arbeitsgestaltung und Verhaltensergonomie notwendig.

Die Betrachtung der Arbeitsherzschlagfrequenz als Indikator der Beanspruchung des Herz-Kreislauf-Systems zeigte, dass bei den für die Be- und Entladung der Flugzeuge auf dem Vorfeld zuständigen Mitarbeitern (Q2-Abfertigern, Fahrern und Lademeister-Agenten) bei „vorwiegend energetischer Arbeit“ eine signifikant höhere Beanspruchung als bei anderen Teiltätigkeiten vorliegt.

Die Überschreitung der Dauerleistungsgrenze (DLG) Prozent der Schichtzeit als Maß der Beanspruchung lag für die Q2-Abfertiger bei 29,3%, für die Fahrer bei 13,4% und für die Lademeister-Agenten bei 22,1%.

Der Anteil der arbeitsablaufbedingten Arbeitsunterbrechungen an der Gesamtarbeitszeit liegt im jetzigen Schichtsystem bei 49,3 % (Q2-Abfertiger), 23,1 % (Fahrer) und 35,2 % (Lademeister-Agenten), die Dauer liegt überwiegend im Bereich zwischen 1 - 5 Minuten.

Durch diese erholungswirksamen Zeitanteile wird das zeitweilige Überschreiten der Dauerleistungsgrenze über die gesamte Schicht kompensiert. Arbeitsablaufbedingte Arbeitsunterbrechungen sind daher grundsätzlich notwendig. Im Hinblick auf die Erholungswirksamkeit ist die kurze Dauer der ablaufbedingten Arbeitsunterbrechungen aus arbeitswissenschaftlicher Sicht als positiv zu bewerten.

Einfluss des Verkehrsaufkommens auf die Blickbewegung von Fluglotsen in verschiedenen Arbeitssystemen

Margeritta VON WILAMOWITZ-MOELLENDORFF, Stephan HERR
und Ralph BRUDER

*Institut für Arbeitswissenschaft, TU Darmstadt,
Petersenstraße 30, D-64287 Darmstadt*

Kurzfassung: Durch die zunehmende Zahl von Flugzeugen im Luftraum steigt die Belastung für die Streckenfluglotsen stetig an. In einer Simulationsreihe der Deutschen Flugsicherung in Langen wurden verschiedene Verkehrsaufkommen (Verkehrslast heute sowie heutige Verkehrslast um 20% gesteigert) simuliert und die Augenbewegungen der Fluglotsen mittels Blickbewegungsanalyse aufgezeichnet. Dabei arbeiteten die Lotsen in zwei verschiedenen Arbeitssystemen, in einem 2er-Team, welches einen Sektor kontrolliert, und in einem 3er-Team, welches zwei Sektoren kontrolliert. Die Ergebnisse zeigen deutliche Unterschiede in den Blickbewegungen, je nachdem, in welchem Arbeitssystem und mit welcher Verkehrslast die Lotsen gearbeitet haben. So wurden beispielsweise im MSP-Team auf der Planungsseite Übersichtsdisplays länger und häufiger genutzt als im ECPC-Team.

Schlüsselwörter: Fluglotsen, Multi Sector Planning, Verkehrslast, Blickbewegungsanalyse.

1. Einleitung

Bis zum Jahr 2015 wird mit einer Verdoppelung der Flugbewegungen im Bereich der Europäischen Flugsicherung gerechnet (Eurocontrol 1999). Da diese vorhergesagten Verkehrssteigerungen nicht mehr mit der bisherigen Arbeitsorganisation sicher und wirtschaftlich bewältigt werden können, sind neue Konzepte zur zukünftigen Gestaltung des Arbeitssystems Flugverkehrskontrolle erforderlich. Diskutiert wird dabei insbesondere ein neues Arbeitssystem, welches auf einer neuen Zusammensetzung der Lotsenteams basiert.

Nach dem im Moment umgesetzten Prinzip wird die Überwachung der Sektoren (horizontal und vertikal voneinander abgegrenzte Lufträume) in 2er-Teams realisiert. Eine Alternative ist ein neues Konzept bei dem ein 3er-Team zwei Sektoren gemeinsam überwacht. Diese Arbeitsorganisation soll zur Steigerung der Produktivität beitragen und die Möglichkeit zu einer übergreifenden und damit verbesserten Planung des Verkehrs für beide Sektoren eröffnen.

Mithilfe von Realzeitsimulationen wird untersucht, ob sich das neue Arbeitssystem, das aus der erwähnten Neuorganisation der Lotsenteams und daran angepassten Arbeitsverfahren und Systemfunktionalitäten besteht, für den sicheren und wirtschaftlichen Einsatz bei der erwarteten Erhöhung der Flugbewegungen eignet.

2. Konzept

Bei den Fluglotsen werden zwei Rollen mit unterschiedlichen Aufgaben unterschieden, Planning Controller (PC) und Executive Controller (EC). Planning Controller überwachen den zukünftigen (aus anderen Sektoren kommenden) Verkehr, um Konflikte, die im eigenen Sektor entstehen könnten, zu vermeiden. Der Executive Controller fokussiert sich mehr auf den eigenen Sektor und hat als Hauptaufgabe die Kommunikation mit den Piloten.

Executive Controller und Planning Controller arbeiten konventionell in einem 2er-Team zusammen und überwachen gemeinsam einen Luftraum (sog. ECPC-Konzept). Ein weiteres Arbeitssystem ist Multi Sector Planning (MSP), in dem das ECPC-Team durch ein 3er-Team abgelöst wird (Hauß et al. 1999; Marsh 2001). Dieses besteht aus zwei Executive Controllern und einem Planning Controller, die insgesamt für zwei Sektoren zuständig sind. Es wird erwartet, dass durch das größere Planungsgebiet die Planung zur Synchronisierung des Verkehrsflusses verbessert werden kann. In der nachfolgend beschriebenen Realzeitsimulation wurde untersucht, welchen Einfluss dieses Konzept auf die Fluglotsen hat und ob die simulierte Verkehrsmenge sicher und wirtschaftlich zu kontrollieren war.

3. Studie

3.1 Versuchskonzept

Ziel der bei der Deutschen Flugsicherung in Langen durchgeführten Simulationsreihe war die Untersuchung der Auswirkungen von MSP, insbesondere auf den Planning Controller. Neue Konzepte der Flugverkehrskontrolle können in den Simulationsräumen der DFS unter sehr realitätsnahen Bedingungen getestet werden.

Das Versuchskonzept war so gestaltet, dass bei 24 einstündigen Simulations-Runs 12 ECPC-Teams und 12 MSP-Teams Flugbewegungen kontrollierten. Dabei wurden durch Veränderung der Anzahl der zu überwachenden Flugzeuge (Verkehrslast, VL) zwei verschiedene Belastungsgrade operationalisiert („VL heute“ und „VL heute + 20%“). Somit ergaben sich vier verschiedene Bedingungen: MSP- Planning Controller bei Verkehrslast heute, MSP-Planning Controller bei Verkehrslast + 20%, ECPC-Planning Controller bei Verkehrslast heute und ECPC-Planning Controller bei Verkehrslast + 20%.

3.2 Methode

Der Einfluss des Organisationskonzepts und der Belastung auf die Aufmerksamkeits- und Informationsverarbeitungsprozesse der Lotsen wurde bei jeweils einem Lotsen pro Run mit Hilfe der Blickbewegungsanalyse gemessen. Die Blickbewegungsanalyse ermöglicht eine objektive Messung von Blickdauern und -häufigkeiten und gibt somit Aufschluss über die Tätigkeiten der Lotsen. Dieses häufig in der Software-Ergonomie eingesetzte Verfahren ermöglicht es, objektive und kontinuierliche Daten während der Simulation aufzuzeichnen (Rötting, 2001; Landau et al., 2003).

Eingesetzt wurde ein Blickbewegungshelm der Firma SMI, welcher nach der Cornea-Reflex-Methode arbeitet. Hierbei wird ein infraroter Lichtstrahl auf das Auge projiziert und die Reflexion gemessen. Diese wird mit den Bildern einer Umgebungskamera, die ebenfalls an dem Helm angebracht ist, in Übereinstimmung gebracht. Das Ergebnis ist ein Video, auf dem das Blickfeld und die Fixationen (Fokussierungen) und Sakkaden (Bewegungen) des Auges, jeweils gekennzeichnet durch einen Punkt, zu erkennen sind. Die aufgezeichneten Videodateien müssen sodann kodiert werden. Für die Kodierung sind

zunächst Ereignisse zu definieren (beispielsweise der Blick auf das Problem-Display). Danach muss die Zuordnung der einzelnen Blickbewegungen zu den Ereignissen erfolgen.

Bei der Auswertung wurden insgesamt 15 verschiedene Ereignisse kodiert, die sich grob in die Bereiche „außerhalb des Radars“ (Bsp.: Main Data Window, andere Lotsen) und „auf dem Radar“ klassifizieren lassen. Dabei sind insbesondere die Blickpunkte auf dem Radar von Interesse, bei denen kontrollrelevante und planungsrelevante Tätigkeiten unterschieden werden können.

Kontrollrelevante Tätigkeiten werden mit dem Zweck der Veränderung eines Zustandes durchgeführt, beispielsweise Änderung von Kurs oder Höhe des Flugzeugs, planungsrelevante Tätigkeiten dagegen mit dem Ziel, Informationen aufzunehmen und Handlungsalternativen zu planen (Bsp.: Berechnung minimalster Abstand). Kontroll- und planungsrelevanten Tätigkeiten können jeweils den aktuellen Verkehr im Sektor oder den zukünftigen Verkehr betreffen. Die Einteilung hängt vom Status des Flugzeugs ab, welcher farblich auf dem Display gekennzeichnet ist.

4. Ergebnisse

Da der Planning Controller des MSP-Arbeitssystems durch die Kontrolle von zwei Sektoren längerfristig und zukunftsorientierter den Bereich überwachen soll, wurde erwartet, dass die Verkehrslast zu mehr überwachenden und planungsrelevanten Tätigkeiten führt, als beim ECPC-Planning Controller.

In Abbildung 1 werden die vier Kombinationsmöglichkeiten aus den beiden unabhängigen Variablen Team des Planning Controllers (MSP, ECPC) und Verkehrslast (VL heute, VL heute + 20%) auf der x-Achse dargestellt. Auf der y-Achse sind die auf 100% summierten Blickdauern der Lotsen im Rahmen der jeweiligen Kombination dargestellt.

Wie in Abbildung 1 zu erkennen ist, ergeben sich für die MSP-Planning Controller eine Reihe von Veränderungen bei höherer Verkehrslast. Es kommt zu einem deutlichen Anstieg der Blickdauern von planungsrelevanten zukünftigen Tätigkeiten und einer längeren Nutzung der beiden Hilfsmittel „Problem Data Window“ (PDW, Anzeige von Konflikten) und „Main Data Window“ (MDW, Übersicht aller Flüge) und weniger langen Blicken bei Tätigkeiten der Informationsaufnahme. Die höhere Verkehrslast scheint zu einer deutlichen Fokussierung auf planungsrelevante (insbesondere zukünftige) Ereignisse und einer verstärkten Nutzung von Übersicht schaffenden Displays wie MDW und PDW zu führen.

Bei den ECPC-Planning Controllern führt dagegen der Anstieg der Verkehrslast kaum zu Veränderungen im Blickverhalten. Es zeigt sich eine Tendenz mehr außerhalb des Sektors zu scannen und dafür weniger kontrollrelevante aktuelle Tätigkeiten durchzuführen, mit dem Partner zu kommunizieren und den MDW zu benutzen. Die höhere Belastung scheint lediglich dazu zu führen, dass mehr Konzentration auf die umliegenden Sektorbereiche verwendet und dafür weniger kontrollrelevante aktuelle Tätigkeiten (die auch die Aufgabe des Executive Controllers sind) mit durchgeführt werden.

Insgesamt zeigen sich deutliche Unterschiede bei den Auswirkungen der gestiegenen Verkehrslast auf die untersuchten Systeme. Der MSP-Planning Controller, der bereits zwei Sektoren überwacht, fokussiert sich mehr auf seine Hauptaufgabe, die planungsrelevanten zukünftigen Tätigkeiten, und nutzt dafür PDW und MDW relativ häufig. Der ECPC-Planning Controller dagegen verlagert seine Aufmerksamkeit insbesondere auf das Scannen und somit die Kontrolle des Flugraums.

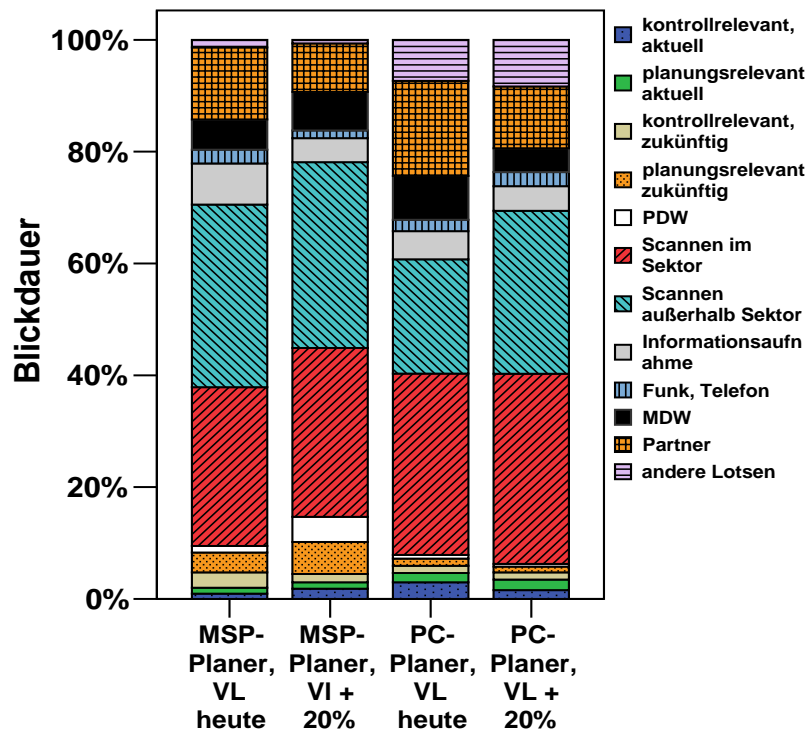


Abbildung 1: Blickdauern für die vier Kombinationen

5. Fazit

Die Ergebnisse zeigen, dass für den Planning Controller eines MSP-Systems die Tätigkeiten, die in Zusammenhang mit der Übersicht über den zukünftigen Verkehr stehen, eine wichtige Rolle spielen. Insbesondere bei gesteigerter Verkehrslast führt dieses Organisationskonzept dazu, dass sich der Planning Controller auf den Überblick über den Verkehr und auf dessen Prädiktion konzentriert.

Es ist darauf hinzuweisen, dass die Ergebnisse nicht auf ihre statistische Signifikanz untersucht werden konnten, da die Anzahl der Probanden zu gering war. Die Ergebnisse liefern somit nur Tendenzen, die weiter zu untersuchen sind. Im Rahmen solcher weiteren Untersuchungen könnte insbesondere von großem Interesse sein, wie sich MSP auf den Executive Controller auswirkt.

6. Literatur

1. Eurocontrol 1999, European Air Traffic Control Harmonisation and Integration Programme (EATCHIP): Operational Concept Document (OCD). Brüssel: Eurocontrol.
2. Hauß, Y., Stark, N. & Eyferth, K. 1999, Auswirkungen von Multi-Sektor-Planung auf die Lotsen der Streckenflugkontrolle, MMI-Interaktiv, Nr.1, März/99.
3. Landau, K., Abendroth, B., Meyer, O. & Ackert, H. 2003, MEPEF – Methoden zur polygraphischen Erfassung des Fahrerhaltens, Fortschrittsberichte VDI, Reihe 12, Verkehrstechnik / Fahrzeugtechnik, Nr. 557. Düsseldorf: VDI Verlag, 40-65.
4. Marsh, D. 2001, Clarification of Concepts for Multi Sector Planning, Final Report TRS98/2K. Bretigny: Eurocontrol Experimental Centre.
4. Rötting, M. 2001, Parametersystematik der Augen- und Blickbewegungen für arbeitswissenschaftliche Untersuchungen. Aachen: Shaker Verlag.

Pfadanalysen von Kausalmodellen der Entwicklung des Burnout

Stefan DIESTEL und Klaus-Helmut SCHMIDT

*Institut für Arbeitsphysiologie an der Universität Dortmund,
Ardeystraße 67, D-44139 Dortmund*

Kurzfassung: In der Burnoutforschung werden seit zwanzig Jahren verschiedene kausale Modelle der Burnoutentwicklung diskutiert. Diese Modelle unterscheiden sich in den Annahmen darüber, inwiefern die Dimensionen des Burnout (Emotionale Erschöpfung, Emotionale Distanzierung, Persönliche Erfüllung) in kausaler Beziehung zueinander stehen. Die vorliegende Studie prüft die verschiedenen Kausalmodelle an zwei längsschnittlichen Stichproben mit zwei ($N = 341$) und drei ($N = 302$) Messzeitpunkten. Als Auswertungsmethode wurden Pfadanalysen zu Grunde gelegt, die mit LISREL berechnet wurden. Die Ergebnisse sprechen dafür, dass emotionale Erschöpfung die Ausgangsphase der Burnoutentwicklung darstellt und emotionale Distanzierung kausal beeinflusst. Darüber hinaus konnten teilweise Moderatoreffekte der emotionalen Distanzierung auf den Einfluss emotionaler Erschöpfung auf die Burnoutdimensionen des darauffolgenden Zeitpunktes festgestellt werden.

Schlüsselwörter: Burnout, Längsschnittuntersuchung, Pfadanalyse.

1. Einleitung

Nicht zuletzt aufgrund des wachsenden Erfolgsdrucks in der Dienstleistungsbranche und der damit einhergehenden psychischen Arbeitsbelastung hat die systematische Untersuchung des Burnout gerade in den letzten Jahren wieder verstärkt Aufmerksamkeit gefunden. In jüngster Zeit werden auch wieder zunehmend kausale Phasenmodelle des Burnout diskutiert, die von einer spezifischen Entwicklung des emotionalen Beanspruchungserlebens ausgehen (Taris et al. 2005). Hierdurch erhofft man sich einen tieferen Einblick in die intraindividuellen Prozesse und Mechanismen zu gewinnen, die im Rahmen des Burnout auf das Verhalten und Erleben ihre Wirkung entfalten.

In der multidimensionalen Theorie des Burnout unterscheiden Maslach und Jackson (vgl. Leiter & Maslach 1988) zwischen drei Dimensionen: emotionale Erschöpfung, emotionale Distanzierung (auch Depersonalisation genannt) sowie persönliche Erfüllung. Emotionale Erschöpfung als zentrale Stressdimension beschreibt das Gefühl der Überlastung und des Mangels an emotionalen Ressourcen. Die Tendenz zur positiven Selbstbewertung der eigenen Arbeitsleistung wird durch die Facette Persönliche Erfüllung ausgedrückt. Emotionale Distanzierung stellt die zynische sowie gleichgültige Haltung gegenüber der eigenen Arbeit sowie seinen Mitmenschen dar. Unmittelbar nach der Entwicklung des auf diesem Ansatz basierenden Maslach Burnout Inventory (MBI) wurden theoretische Annahmen über den kausalen Zusammenhang der drei Burnoutdimensionen gemacht. So vermuteten Golembiewski et al. (1986), dass emotionale Distanzierung als Reaktion auf Stressfaktoren der Arbeit die erste Phase des Burnouts darstellt. Jene zynische und gleichgültige Haltung resul-

tiert dann in einem Mangel an persönlicher Erfüllung, der wiederum die erlebte emotionale Erschöpfung bedingt (1. Modell). Leiter und Maslach (1988) betrachteten hingegen die emotionale Erschöpfung als exogenen Prozess, der über die emotionale Distanzierung vermittelt die persönliche Erfüllung negativ beeinflusst (2. Modell). Anknüpfend an die Annahmen von Leiter und Maslach (1988) postulierten Lee und Ashforth (1993), dass emotionale Erschöpfung direkt auf persönliche Erfüllung negativ einwirkt ohne von einer Mediatorrolle der emotionalen Distanzierung auszugehen (3. Modell). Van Dierendonck et al. (2001) nehmen in ihrem Phasenmodell an, dass der Mangel an persönlicher Erfüllung als exogene Phase der Burnoutentwicklung emotionale Distanzierung beeinflusst, die als dysfunktionale Coping-Strategie emotionales Erschöpfungserleben bedingt.

Uneinheitliche sowie widersprüchliche Befunde (Taris et al. 2005) bei der Überprüfung der Modellannahmen dürften dazu beigetragen haben, dass das Interesse an der Untersuchung der kausalen Zusammenhänge zwischen den Burnoutdimensionen um die Jahrhundertwende spürbar nachgelassen hat. Mit pfadanalytischen Modellvergleichen an zwei längsschnittlichen Stichproben haben Taris et al. (2005) die Diskussion über die kausalen Phasenmodelle wieder aufgenommen und ergänzend neue Zusammenhänge postuliert. So gehen die Autoren von Feedbackeffekten der emotionalen Distanzierung auf die anderen Burnoutfacetten aus, unter der Voraussetzung, dass jene Coping-Strategie rückwirkend das Burnouterleben beeinflusst (5. Modell). In ihrem Modell wird der emotionalen Distanzierung allerdings wieder eine Mediatorfunktion zugeschrieben. Die Auswertung der Pfadmodelle ergab eine hinreichend gute Anpassung des Kausalmodells von Taris et al.. Die vorliegende Untersuchung repliziert die von Taris et al. (2005) durchgeführten Modellvergleiche an zwei anderen längsschnittlichen Stichproben. Die Befunde von Taris et al. (2005) lassen auf die Annahme schließen, dass die Datenanpassung bei jenen Modellen akzeptabel ausfällt, welche die emotionale Erschöpfung als exogene, verursachende Variable annehmen, die ihren Einfluss auf emotionale Distanzierung entfaltet (Hypothese 1). In der vorliegenden Untersuchung wird das 5. Modell nach Taris et al. (2005) um Interaktionsterme zwischen emotionaler Erschöpfung und Distanzierung erweitert (6. Modell). Dabei liegt die Hypothese zu Grunde, dass Distanzierung als Moderator den Effekt der emotionalen Erschöpfung auf die anderen Burnout Dimensionen zum darauffolgenden Messzeitpunkt verstärkt (Hypothese 2).

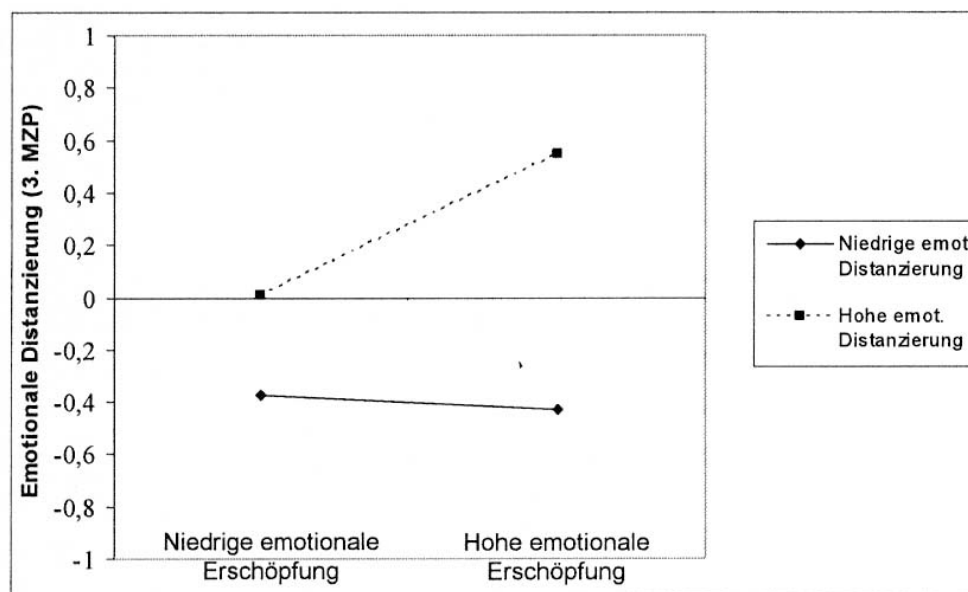
2. Methode

An der ersten Studie nahmen 302 Altenpflegekräfte aus verschiedenen Einrichtungen der stationären Altenpflege teil, an der zweiten 341 Beschäftigte einer großen Landesverwaltung. Beide Stichproben wurden im Längsschnitt erhoben, wobei die erste Studie insgesamt drei Messzeitpunkte (MZP) mit einem zeitlichen Intervall von sechs und zwölf Monaten umfasste und die zweite insgesamt zwei Erhebungszeitpunkte, deren zeitlicher Abstand 24 Monate betrug. Die Messung der Burnoutdimensionen erfolgte mit einer deutschen Übersetzung des „Maslach Burnout Inventory“ (Büssing & Perrar 1992). Die internen Konsistenzen der Fragebogenskalen weisen in beiden Stichproben auf eine hinreichend reliable Messung der Burnoutdimensionen hin (Cronbach's α -Werte variieren zwischen .59 und .89; Median liegt bei .77). Zur Überprüfung der Theorien zur Burnoutentwicklung wurden pfadanalytische Strukturgleichungsmodelle mit manifesten Variablen mit LISREL ausgewertet. Die postulierten Zusammenhänge zwischen den Burnoutdimensionen wurden sowohl querschnitt-

Tabelle 1: Globale Anpassungsgüte der Pfadmodelle Anmerkungen (* $p < .05$; ** $p < .01$)

1. Stichprobe: Altenheime, $N = 302$ (3 Messzeitpunkte)					
Modell	χ^2 (df)	RMSEA	CFI	AIC	SRMR
1.Modell: Golembiewski et al.	113.53 (19)**	.129	.94	165.53	.100
2.Modell: Leiter & Maslach	40.19 (19)**	.061	.99	92.19	.076
3.Modell: Lee & Ashforth	36.04 (19)*	.055	.99	88.04	.071
4.Modell: Van Dierendonck et al.	46.77 (19)**	.070	.98	98.77	.094
5.Modell: Taris et al.	40.25 (14)**	.079	.98	102.25	.081
6.Interaktionsmodell: Taris et al.	31.32 (24) n.s.	.032	.99	115.32	.048
2. Stichprobe: Landesverwaltung, $N = 341$ (2 Messzeitpunkte)					
Modell	χ^2 (df)	RMSEA	CFI	AIC	SRMR
1.Modell: Golembiewski et al.	77.91 (6)**	.189	.93	107.91	.085
2.Modell: Leiter & Maslach	26.04 (6)**	.100	.98	56.04	.056
3.Modell: Lee & Ashforth	13.00 (6)*	.059	.99	43.00	.048
4.Modell: Van Dierendonck et al.	21.84 (6)**	.089	.99	51.84	.049
5.Modell: Taris et al.	7.55 (2)*	.091	.98	45.55	.081
6.Interaktionsmodell: Taris et al.	3.50 (4) n.s.	.000	1.00	51.50	.025

Ein Interaktionseffekt konnte bei der Vorhersage der Distanzierung zum 3. MZP ($\beta = -.15$; $p < .05$) in der Altenpflegerstichprobe zwischen dem 2. und 3. MZP nachgewiesen werden (Abbildung 2).

**Abbildung 2:** Interaktion zwischen Erschöpfung und Distanzierung (2. MZP) bei der Vorhersage der Distanzierung zum 3. MZP

4. Diskussion

Die Ergebnisse sprechen im Wesentlichen für die Annahme, dass emotionale Erschöpfung die Anfangsphase der Burnoutentwicklung darstellt und die emotionale Distanzierung kausal beeinflusst (Leiter & Maslach 1988; Lee & Ashforth 1993; Taris et al. 2005). Demzufolge wird die Gültigkeit der Modelle von Golembiewski et al. (1986) und Van Dierendonck et al. (2001) stark in Frage gestellt. Die Rolle der emo-

tionalen Distanzierung als negativ wirkende Stressverarbeitungsstrategie bleibt noch offen. Die postulierte Interaktion wurde nur in einer Stichprobe signifikant.

5. Literatur

1. Aiken, L.S. & West, S.G. 1991, Multiple Regression: Testing and interpreting interactions. Newbury Park, CA: Sage.
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. Golembiewski, R.T., Munzenrider, R.F., & Stevenson, J.G. 1986, Phases of burnout: Developments in concepts and applicatons. New York: Praeger.
4. Lee, R.T. & Ashforth, B.E. 1993, A longitudinal study of burnout among supervisors and managers: Comparison between the Leiter and Maslach (1988) and Golembiewski et al. (1986) models, Organizational Behavior and Human Decision Processes, 54, 369-398.
5. Leiter, M.P. & Maslach, C. 1988, The impact of interpersonal environment on burnout and organizational commitment, Journal of Occupational Behavior, 9, 297-308.
6. Taris, T.W., LeBlanc, P.M., Schaufeli, W.B. & Schreurs, P.J.G. 2005, Are there causal relationships between the dimensions of the Maslach Burnout Inventory? A review and two longitudinal tests, Work & Stress, 19, 238-255.
7. Van Dierendonck, D., Schaufeli, W.B. & Buunk, B.P. 2001, Toward a process model of burnout, Journal of Occupational Health Psychology, 6, 43-52.

Eine Studie zum Zusammenhang von „Burnout-Erscheinungen“ und „subjektiv erlebten Arbeitsbedingungen“ am Beispiel von SozialarbeiterInnen in Österreich

Ren L. KELLEME und Barbara STEFL

*Studiengang Sozialarbeit und Sozialmanagement, FH Joanneum,
Eggenberger Allee 11, A-8020 Graz*

Kurzfassung: Aus arbeitswissenschaftlicher Perspektive werden anhand der Befunde einer Studie zu SozialarbeiterInnen (n=101) in Österreich die Korrespondenzen von Burnout-Erscheinungen und subjektiv erlebten Arbeitsbedingungen aufgezeigt.

Schlüsselwörter: Burnout, Arbeitsbedingungen, Sozialarbeit, Sozialarbeitswissenschaft.

1. Arbeitsgestaltung, Führung und Burnout-Forschung in der Sozialarbeit

In der Arbeitsgestaltung spielen physiologische, ergonomische und sicherheitstechnische Überlegungen ebenso eine Rolle wie gesundheits- und persönlichkeitsförderliche Aspekte. Arbeitspsychologische Konzepte fokussieren auf das soziotechnische System und auf die Gestaltungsmaxime der Persönlichkeitsentwicklung und Gesundheitsförderung und darauf, dass Individuen sich mit ihren Handlungsweisen einbringen können. Merkmale sind hierfür die Ganzheitlichkeit der Aufgabe, die Anforderungsvielfalt durch Einsatz unterschiedlicher Fähigkeiten und Kenntnisse, die Möglichkeit der sozialen Interaktion vor allem durch Teamarbeit, der persönliche Handlungs- und flexible Gestaltungsspielraum, die Autonomie und Übernahme von Verantwortung und die Weiterbildungs- und Entwicklungsmöglichkeiten im Rahmen der Aufgabendurchführung. Gerade kooperative Führung erhält hierbei eine zentrale Bedeutung, die sich durch Entscheidungspartizipation und Gruppenarbeit charakterisiert. Wie die Burnout-Forschung belegt (Büssing & Glaser 1998; Maslach 1976; Maslach & Leiter 2001), führen Arbeitsbedingungen, die den Beschäftigten keine situativ adäquaten Handlungsweisen und ausreichende Autonomie- oder Partizipationsgrade in der Arbeitsdurchführung erlauben, die sich durch Arbeitsüberlastung, Kontrollmangel, unzureichend Belohnung, Gemeinschaftsdefizite, Fairnessdefizite oder widersprüchliche Werte u.a. auszeichnen, zu Erschöpfungszuständen, Depersonalisierungserscheinungen und verringerter persönlicher Leistungsbereitschaft und -fähigkeit.

Im Feld der Sozialarbeit sind arbeitswissenschaftliche empirische Untersuchungen zu Arbeits- und Führungsgestaltung und insbesondere zur Frage, wie erlebte Arbeitsbedingungen und -ressourcen und Phänomene von Erschöpfung, Depersonalisierung und persönlicher Erfüllung korrespondieren, bislang kaum vorzufinden. Sozialarbeit kennzeichnet sich durch bestimmte Merkmale – z.B. Realisierung von Grundwerten (Menschenrechte, Gleichheit und Würde des Menschen u.a.) in der Arbeit, KlientInnenarbeit, Koproduktion, Doppeltes Mandat, Hilfe zur Selbsthilfe, Verringerung von Exklusionserscheinungen u.a. –, welche Befinden, Burnout-Erscheinungen und Arbeitserleben der Beschäftigten in spezifischer Weise beeinflussen mögen (Enzmann & Kleiber 1989; Kypta 2006). Die vorliegende Studie (Stefl 2007) trägt zur

empirischen Präzisierung dieser Phänomene bei SozialarbeiterInnen mittels einer repräsentativen Befragung in Österreich bei.

2. Repräsentative Befragung von SozialarbeiterInnen in Österreich

Für die Untersuchung werden die beiden Instrumente „MBI – Maslach Burnout Inventory“ und „SALSA – Salutogenetische Subjektive Arbeitsanalyse“ herangezogen. Der MBI-D liegt in einer adaptierten Version nach Büssing & Perrar (1992) vor, die SALSA nach Rimann & Udris (1997). Als Ergänzung wird ein weiterer Teil mit Fragen zu soziodemografischen und organisationsspezifischen Merkmalen erstellt. Mittels eines Clusterauswahlverfahrens wird in sechs sozialen Einrichtungen in drei Bundesländern in Österreich eine Erhebung durchgeführt; innerhalb der Auswahleinheiten wird eine Vollerhebung der beschäftigten SozialarbeiterInnen durchgeführt. Von den 287 ausgesendeten Fragebögen werden 111 retourniert (38.8%), wovon 101 auswertbar sind.

Die in der Studie eingesetzte Version des MBI-D besteht aus 21 Items, gebündelt in den drei Skalen von Burnout. Die Skala „emotionalen Erschöpfung“ misst den Grad an Verbrauchtheit und Frustration durch den ständigen Kontakt mit Menschen in der Arbeit; die Ausprägung „Depersonalisierung“ charakterisiert Gefühle des Abgestumpftseins gegenüber Menschen und den gefühllosen Umgang mit KlientInnen; und die Skala „persönliche Erfüllung“ ermittelt den Grad der Zufriedenheit mit sich selbst, das Gefühl von Tatkraft und der Handlungsfähigkeit. Die SALSA – bestehend aus 17 Skalen in 5 Dimensionen – ermittelt Aufgabencharakteristika, Arbeitsbelastungen im Rahmen der Aufgabe und der Arbeitsorganisation, organisationale und soziale Ressourcen bzw. das Maß an Unterstützung im Betrieb. Der Schwerpunkt liegt auf den salutogenetischen Ressourcen, welche dazu beitragen, dass trotz Belastungen die Gesundheit bei Beschäftigten erhalten bleiben kann.

3. Skalenwerte und Korrelationswerte

Ausgewählte Befunde zu den Skalenwerten des MBI und SALSA zeigen für die Population der SozialarbeiterInnen im Vergleich zu ManagerInnen und KrankenpflegerInnen folgende Struktur (Tabelle 1). SozialarbeiterInnen weisen geringe Depersonalisierungserscheinungen, höhere persönliche Erfüllungsgrade, dagegen höhere Erschöpfungswerte im MBI auf. Die SALSA – mit den Dimensionen Aufgabencharakteristika (1), Arbeitsbelastung (2), Organisationale Ressourcen (3), Soziale Ressourcen bei der Arbeit (4) und Soziale Unterstützung in der Einrichtung (5) – verweist darauf, dass SozialarbeiterInnen vergleichsweise hohe Qualifikationsanforderungen und Verantwortung, eine große Aufgabenvielfalt und Qualifikationspotential der Arbeitsaufgaben erleben. Tätigkeitsspielraum, persönliche Gestaltungsmöglichkeiten und Spielraum für Persönliches sind überwiegend vorhanden, vor allem ein positives Sozialklima und soziale Unterstützung durch ArbeitskollegInnen markieren das Arbeitserleben. Ebenso empfinden sie weniger ausgeprägt ein belastendes Sozialklima, eine Überforderung durch die Aufgaben oder ein belastendes Vorgesetztenverhalten. Partizipationsmöglichkeiten, mitarbeiterorientiertes Vorgesetztenverhalten als auch soziale Unterstützung durch die Leitung sind allerdings weniger ausgeprägt vorhanden.

Tabelle 1: Skalenwerte des MBI und der SALSA für SozialarbeiterInnen und in weiteren Studien (Büssing & Glaser 1998; Udris & Rimann 1999) zum Vergleich

Skalen MBI und SALSA – Mittelwerte und Standardabweichungen	Sozialarbeit (N=101; Stefl 2007)		ManagerInnen (N=85)		Kranken- pflegerInnen (N=449)	
	x	Std.a.	x	Std.a.	x	Std.a.
<i>MBI : (6-Ausprägungen: 1=nie / gering; 6=sehr oft / hoch)</i>						
Erschöpfung	3,08	1,13	2,59	k.A.	2,81	1,03
Depersonalisierung	2,09	0,78	2,32	k.A.	2,66	0,58
Persönliche Erfüllung	4,91	0,73	4,73	k.A.	4,36	0,58
<i>SALSA : (5-Ausprägungen: 1=fast nie / gering; fast immer / hoch)</i>						
	Sozialarbeit (N=101; Stefl 2007)		Dienstleistungs- betriebe		Produktions- betrieb	
(1) Ganzheitlichkeit der Aufgaben	3,67	0,97	3,56	0,99	3,43	0,93
(1) Qualifikationsanforderungen und Verantwortung	4,61	0,66	4,11	0,73	4,21	0,69
(2) Überforderung durch die Arbeitsaufgaben	2,66	0,98	2,36	0,73	2,53	0,69
(2) Unterforderung durch die Arbeitsaufgaben	2,57	0,75	2,63	0,76	2,51	0,72
(2) Belastendes Sozialklima	2,26	1,00	3,00	0,99	2,21	0,69
(2) Belastendes Vorgesetztenverhalten	2,12	0,95	2,30	0,71	2,16	0,68
(2) Belastung durch äußere Tätigkeitsbedingungen	2,78	0,95	-	-	-	-
(3) Aufgabenvielfalt	4,03	0,94	3,25	0,97	3,76	0,77
(3) Qualifikationspotential der Arbeitstätigkeit	3,79	0,89	3,26	0,92	3,38	0,90
(3) Tätigkeitsspielraum	3,81	0,87	3,05	0,87	3,63	0,68
(3) Partizipationsmöglichkeiten	2,51	0,98	2,54	0,77	2,91	0,87
(3) Persönl. Gestaltungsmög- lichkeiten des Arbeitsplatzes	4,05	1,08	2,82	1,50	3,49	1,25
(3) Spielraum für persönliche und private Dinge bei der Arbeit	3,35	1,01	2,86	1,11	2,88	0,93
(4) Positives Sozialklima	3,85	0,89	3,46	0,72	3,80	0,56
(4) Mitarbeiterorientiertes Vorgesetztenverhalten	3,31	1,10	3,46	0,94	3,68	0,85
(5) Soziale Unterstützung durch Vorgesetzte	3,42	1,08	3,38	1,02	3,86	0,82
(5) Soziale Unterstützung durch die ArbeitskollegInnen	4,18	0,75	3,46	1,00	3,97	0,84

In ihrer Zusammenschau (Tabelle 2) ergeben weitere Analysen, dass Aspekte der Arbeitsbelastung – höhere Überforderung, belastendes Sozialklima, belastendes Vorgesetztesverhalten und belastende äußere Tätigkeitsbedingungen – mit höherer emotionaler Erschöpfung korrelieren, wogegen ganzheitliche Aufgaben als auch die Verfügbarkeit von organisationalen und sozialen Ressourcen emotionale Erschöpfungserscheinungen signifikant reduzieren. Die Betroffenheit von Depersonalisierung wird insbesondere durch Aufgabencharakteristika sowie das Qualifikationspotential der Arbeitstätigkeit und die soziale Unterstützung durch ArbeitskollegInnen verringert, dagegen durch Überforderung erhöht. Persönliche Erfüllung als SozialarbeiterIn korreliert nachweislich positiv mit Arbeitscharakteristika und organisationalen Ressourcen, negativ mit Überforderung und belastenden äußeren Tätigkeitsbedingungen.

Tabelle 2: Korrelationen der MBI- und SALSA-Skalenwerte für die Population SozialarbeiterInnen

	Korrelationskoeffizienten Kendall Tau-b für Skalenwerte MBI x SALSA (N=100)	Emotionale Erschöpfung	Depersona- lisierung	Persönliche Erfüllung
1	Ganzheitlichkeit der Aufgaben	-0,355***	-0,284***	0,224**
	Qualifikationsanforderungen / Verantwortung		-0,195*	0,224**
2	Überforderung	0,528***	0,238**	-0,240**
	Unterforderung			
	Belastendes Sozialklima	0,258***		
	Belastendes Vorgesetztenverhalten	0,256***		
	Belastung durch äußere Tätigkeitsbedingungen	0,258***		-0,203**
3	Aufgabenvielfalt			0,277***
	Qualifikationspotential der Arbeitstätigkeit	-0,228**	-0,181*	0,280***
	Tätigkeitsspielraum			
	Partizipationsmöglichkeiten	-0,250**		
	Persönliche Gestaltungsmöglichkeiten	-0,183*		0,267**
	Spielraum für persönliche Dinge			
4	Positives Sozialklima			
	Mitarbeiterorientiertes Vorgesetztenverhalten	-0,146*		
5	Soziale Unterstützung durch Vorgesetzte	-0,193**		
	Soziale Unterstützung durch ArbeitskollegInnen	-0,186*	-0,233**	

4. Literatur

1. Büssing, A. & Glaser, J. 1998, Managerial Stress und Burnout. A Collaborative International Study (CISMS). Die deutsche Untersuchung. Bericht aus dem Lehrstuhl für Psychologie der TU München, Bericht Nr. 44. München: Lehrstuhl für Psychologie der TU München.
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. Enzmann, D. & Kleiber, D. 1989, Helfer-Leiden. Stress und Burnout in psychosozialen Berufen. Heidelberg: Asanger.
4. Kypta, G. 2006, Burnout erkennen, überwinden, vermeiden. Heidelberg: Carl-Auer.
5. Maslach, C. & Leiter, M.P. 2001, Die Wahrheit über Burnout – Stress am Arbeitsplatz und was Sie dagegen tun können. Wien: Springer.
6. Stefl, B. 2007, Burnout und Bedingungen am Arbeitsplatz. Eine empirische Untersuchung bei SozialarbeiterInnen in Österreich zum Zusammenhang von Burnout und organisationsinternen Ressourcen und Belastungen, Diplomarbeit. Graz: Studiengang Sozialarbeit und Sozialmanagement, FH Joanneum Graz. Udris, I. & Rimann, M. 1999, SAA und SALSA: Zwei Fragebögen zur subjektiven Arbeitsanalyse. In: H. Dunckel (Hrsg.), Handbuch psychologischer Arbeitsanalyseverfahren. Zürich: vdf Hochschulverlag an der ETH, 397-419.

Psychosoziale Belastungen (Stressoren) im betrieblichen Alltag – Vorgehensmodell zur Steuerung und Reduzierung – praktische Anwendung und Auswirkung auf Effizienz und Effektivität der Arbeit

Franz J. HEEG

Arbeitswissenschaftliches Institut Bremen (aib) und Steinbeis Transferzentrum für innovative Systemgestaltung und personale Kompetenzentwicklung, Universität Bremen, Hochschulring 40, D-28359 Bremen

Kurzfassung: Aufbauend auf den langjährigen Erfahrungen des Autors und seiner Arbeitsgruppe und eines Projektes im Auftrag der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) zum Thema „Psychosoziale Belastungen im betriebs-ärztlichen Alltag – Methoden- und Kompetenzentwicklung für Betriebs- und Arbeitsmediziner/-innen“ wurde ein Vorgehen zur „Neuroenergetischen Stress-Diagnose und Therapie“ entwickelt und erprobt. Diese Vorgehensweise zur Analyse, Bewertung und Minderung bzw. Beseitigung psychosozialer Belastungsgrößen orientiert sich an system- und selbstorganisationstheoretischen, lernpsychologischen und neurowissenschaftlichen Erkenntnissen. Sie besteht aus insgesamt 5 Phasen, unterteilt in 12 Vorgehensschritten, die unter Verwendung von Methoden durchgeführt werden, die der Systemwissenschaft, der Arbeitswissenschaft, der Qualitätswissenschaft sowie verschiedenen psychotherapeutischen Wissens- und Verfahrensfeldern entstammen (systemische Psychotherapie und Supervision, Neurolinguistisches Programmieren (NLP), Energiepsychotherapie, klientenzentrierte Gesprächspsychotherapie, neurowissenschaftlich fundierte emotionsbezogene Psychotherapie). Die Vorgehensweise wurde zwischenzeitlich in einigen Vorhaben in Unternehmen und anderen Organisationen eingesetzt. Hierbei zeigte sich, dass psychosoziale Belastungsgrößen annähernd identisch sind mit betrieblichen Wirkgrößen, die zu einer verminderten Effizienz und Effektivität führen. Stressoren abzubauen, bedeutet entsprechend Verbesserung der Wirtschaftlichkeit der jeweiligen Organisation.

Schlüsselwörter: psychosoziale Belastungen, psychosoziale Beanspruchungen, neuroenergetische Stressdiagnose, neuroenergetische Therapie, Wirtschaftlichkeit.

1. Einleitung

Die Belastungen und Beanspruchungen in der Arbeitswelt haben sich in den vergangenen Jahrzehnten verändert. Während sich physische Belastungen inzwischen deutlich verringert haben, sind die Anforderungen an das „psychische Leistungsvermögen der Beschäftigten“ (BAuA 2005, S.10) deutlich gestiegen. Im Bereich der psychischen Fehlbelastungen führt dies nicht nur zur Gesundheitsgefährdung der Arbeitnehmer/innen, sondern auf betrieblicher Seite unter Anderem zu einer Verminderung der Produktivität, der Kreativität und Innovativität. In diesem Zusammenhang

wurde die im Folgenden skizzierte Vorgehensweise zur Erfassung, Bewertung und Umsetzung von Maßnahmen zur Reduktion beziehungsweise Beseitigung von Stressoren entwickelt. Näheres zu dem zu Grunde liegenden BAuA-Projekt, der darin entwickelten Fortbildungsmaßnahme für Betriebs- und Arbeitsmediziner/innen und der hier vorgestellten Vorgehensweise wird in Heeg et al. 2008 ausführlich beschrieben. Zur Entwicklung und Konstruktion der theoriegeleiteten Vorgehensweise wurden Erkenntnisse aus Psychotherapieforschung, der Neurowissenschaft und anderer Wissenschaftsbereiche verwendet sowie Erkenntnisse zur Salutogenese. Erwähnt seien hier exemplarisch das konsistenz-theoretische Modell des psychischen Geschehens (Grawe 2004), der Rubikon-Prozess (Heckhausen 1989; Gollwitzer 1990), das zentrale Adaptionssyndrom nach Hüther (1996), die Theorie der somatischen Marker (Damasio 1997) und das Gesundheitsmodell von Antonowsky (1997).

2. Methode

Als praxisorientierte Methodik besteht das Vorgehen zur Stress-Diagnose und Therapie aus 5 Phasen, die in Abbildung 1 aufgelistet sind und 12 Schritten, die den Phasen in Abbildung 1 zugeordnet sind. Tabelle 1 zeigt, welche Methoden bei den jeweiligen Schritten verwendet werden.

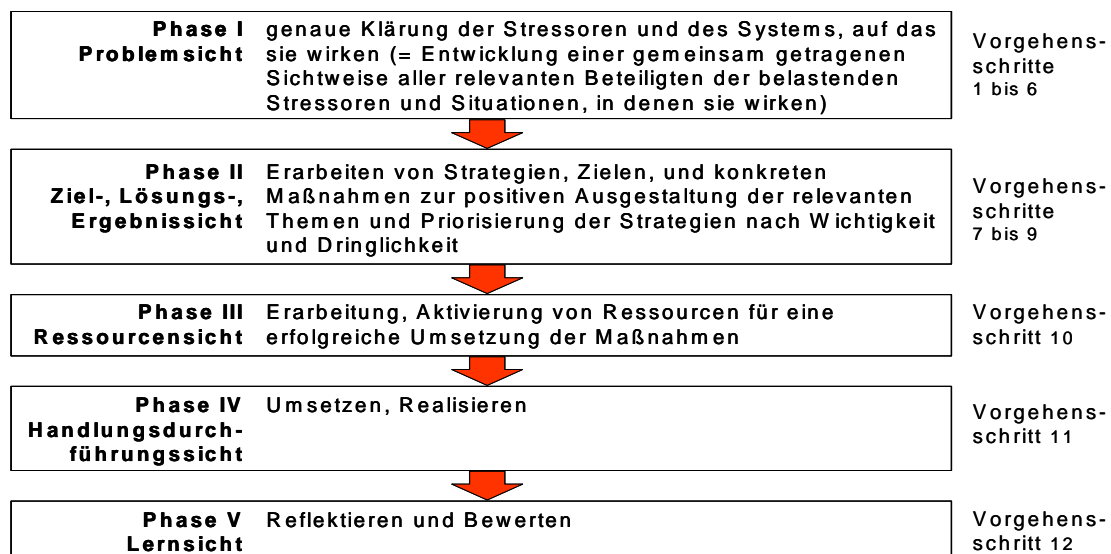


Abbildung 1: Vorgehen und Phasen der Vorgehensweise zur „Neuroenergetischen Stressdiagnose und -therapie“ in Organisationen (Quelle: Heeg et al. 2008, S.143)

Die Basis der Methodik wird in Abbildung 2 in Übersichtsform aufgezeigt. Eine vertiefte Darstellung der einzelnen Schritte und Methoden ist im Rahmen dieser Kurzdarstellung nicht möglich - hier sei auf die Darstellung in Heeg et al. (2008) verwiesen.

3. Ergebnisse

In bisher sieben Organisationen im profit- und non-profit-Bereich wurde die Vorgehensweise erprobt, wobei die Ausgangsfragestellung nicht immer in der Minderung bzw. Beseitigung psychosozialer Belastungsgrößen bestand, sondern teilweise im

Streben nach erhöhter Wirtschaftlichkeit (höhere Effizienz und Effektivität). Hierzu zeigt Abbildung 3 am Beispiel eines Wirkgraphen aus einem der Anwendungsfälle die berücksichtigten, für die Beteiligten relevanten, Einflussgrößen auf. Diese und ihre Wechselwirkungen führen dann im Rahmen der weiteren ziel- und ressourcenorientierten Arbeitsschritte zu umgesetzten Lösungen. Insgesamt zeigte sich in allen Fällen, dass die systemischen Perspektiven auf die zu betrachtenden Felder den Beteiligten andere –neue- Einsichten in ihr Handeln, Denken und Fühlen bei der Aufgabenerledigung und der Wechselwirkung mit Anderen und weitergehende Möglichkeiten der Optimierung der betrieblichen Aufgabenerfüllung ermöglichte. Hierüber ergab sich eine große Akzeptanz der erforderlichen Änderungen und eine zügige Umsetzung der Änderungsmaßnahmen. Ein Bericht hierüber befindet sich in Vorbereitung.

Tabelle 1: Zuordnung der verwendeten Methoden zu den Schritten der Vorgehensweise zur Stressdiagnose und -therapie in Organisationen (Quelle: Heeg et al. 2008, S. 144)

1	Auftragsklärung	0	X	0	0	0			X
2	Struktur-/Prozessklärung	0	X	0	0	0		0	X
3	Klärung vorheriger Ereignisse	0	X	0		X	0	0	0
4	Beziehungsklärung	0	0	X	0		0	X	0
5	Systemdynamik-Klärung		0	0				X	0
6	Ebenen-Klärung	X	0	X	0		0		0
7	Strategien-Definition	0	0	0					X
8	Ziel-/Ergebnis-/Fragen-Klärung	0	X	0					X
9	Maßnahmen-Definition	0	0	0					X
10	Ressourcen-Aufbau	0	0	X	X	X	X		0
11	Durchführung/Umsetzung	0	0	0					X
12	Reflexion/Bewertung	0	0	0	0	X	0	X	X
X wird verwendet O wird mit-verwendet (teilweise, integriert in andere Methoden)		Kom-	Frage-						
		Empathische munkation	Systemische techniken	Positionenwechsel	Aufstellungen	Time-Line	Energetische Psycho- therapie-Verfahren	Systemdynamik	Moderation
		A	B	C	D	E	F	G	H

Systemwissenschaft	Arbeitswissenschaft	humanistische Ansätze der Psychotherapie	systemische Ansätze der Psychotherapie	energetische Ansätze der Psychotherapie
Systemanalyse	Industrial Engineering	Gesprächs- psychotherapie	systemische Supervision und Coaching	
Neurowissenschaft		Neurolinguistisches Programmieren		
Methoden, Techniken	System Dynamics	Empathische Kommunikation		
	Zielanalyse	kollegiale Beratung		
	Nutzwertanalyse	Fragetechniken		
	Qualitätstechniken	Lösungs-, Problem - und System aufstellungen Time-Line EFT/TFT		
Vorgehensmodelle	Problemlöse- und Entscheidungs- prozess	moderierter Prozess		
	Organisationsentwicklungs- Prozess		Rubikon-Prozess	
„Metatheorien“	Selbstorganisa- tion	konsistenztheoretisches Modell psychischen Geschehens somatische Marker		

Abbildung 2: Basis der Methodik zur „Diagnose und Therapie“ psychosozialer Belastungen (Quelle: Heeg et al. 2008, S. 205)

4. Diskussion und Ausblick

Der Autor ist der Auffassung, dass der Erwerb von Kompetenzen, mit dieser Vorgehensweise und den darin verwendeten Methoden und Werkzeugen zielführend und sinnvoll umgehen zu können, den Anwender/innen im beruflichen und privaten Bereich etlichen Nutzen bringt (auch mehr Zufriedenheit und weniger eigenen Stress). Dies vor Allem, wenn nicht Vorgehensweise und Methoden als solche angewendet werden, sondern auch die Haltung hinter der Anwendung, die "Glaubenssätze", die damit verbunden sind, in den emotional-assoziativen Speicherbereich der Köpfe der Anwender/innen Eingang gefunden haben. Dann wird die Anwendung zur Selbstverständlichkeit und kann selbstständig für die jeweilige Situation passend modifiziert werden. Zur Zeit befinden sich ein Trainerleitfaden für das Basis- Training der Vorgehensweise, Handbücher für Betriebsärzt/e/innen und für betriebliche Entscheider/innen in Vorbereitung, sowie ein Videofilm als Unterstützung hierzu. Im Rahmen von Dissertationen zu diesem Themenbereich wird die Anwendung zu verschiedenen Fragestellungen erprobt.

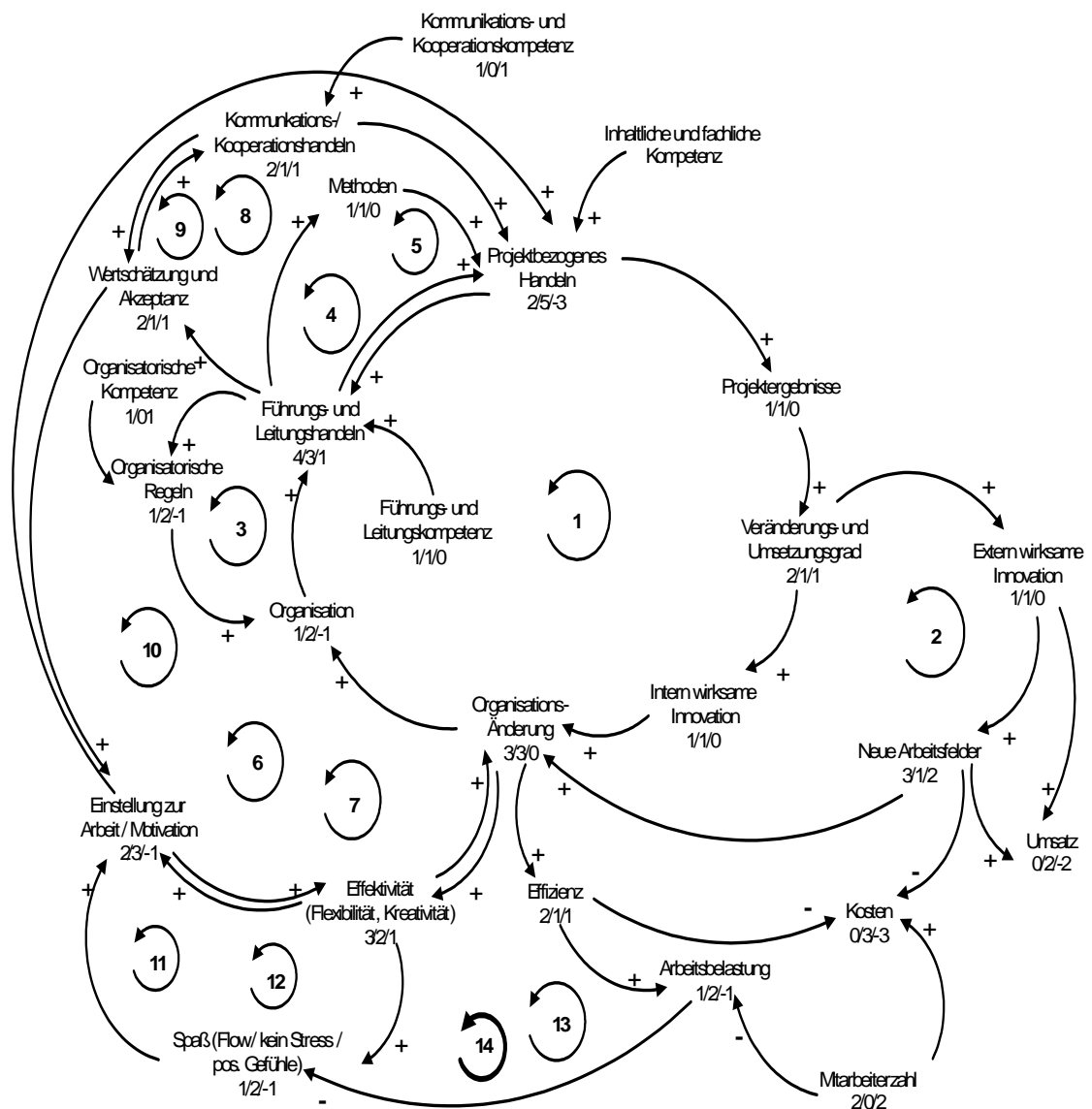


Abbildung 3: Beispiel eines Wirkgraphen aus einem betrieblichen Anwendungsfall

5 Literatur

1. Antonovsky, A. 1997, Salutogenese. Tübingen: DGVt.
2. BAuA (Hrsg.) 2005, Qualität der Arbeit verbessern. Psychische Fehlbelastungen im Betrieb vermeiden, Initiative Neue Qualität der Arbeit (INQA). Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW.
3. Damasio, A.R. 1997, Descartes Irrtum. Fühlen, Denken und das menschliche Gehirn. München: Deutscher Taschenbuch Verlag.
4. Grawe, K. 2004, Neuropsychotherapie. Göttingen: Hogrefe.
5. Gollwitzer, P.M. 1990, Action Phases and Mind-Sets. In: E.T. Higgins & R.M. Sorrentino (Eds), Handbook of Motivation and Cognition, Foundations of Social Behaviour, Volume II. New York, NY: Guilford Press, 53-92.
6. Heckhausen, H. 1989, Motivation und Handeln. Berlin: Springer
7. Heeg, F.J., Karbe-Hamacher, S., Schneider-Heeg, B. & Sperga, M. 2008, Psychosoziale Belastungen im betriebsärztlichen Alltag, Methoden- und Kompetenzerweiterung für Betriebs- und Arbeitsmediziner/innen. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW Verlag für neue Wissenschaft GmbH, im Druck.
8. Hüther, G. 1996, The central adaptation syndrome: Psychosocial stress as a trigger for the adaptive modification of brain structure and brain function, *Prozess in Neurobiologie*, 48, 569-612.

Psychische Beanspruchung bei Einzelhandelstätigkeiten

Marlen MELZER und Winfried HACKER

*Institut für Allgemeine Psychologie, Biopsychologie und Methoden der Psychologie,
Arbeitsgruppe „Wissen-Denken-Handeln“, Technische Universität Dresden,
Chemnitzer Str. 46 B, D-01187 Dresden*

Kurzfassung: Einzelhandelstätigkeiten unterscheiden sich von primär objektverändernden (z.B. Fertigungstätigkeiten) und primär personenverändernden (z.B. Pflege) Tätigkeiten im Arbeitsgegenstand: sie sind interaktive Austausch Tätigkeiten. Aus dieser Klassifikation sind realistische Erwartungen zu psychischen Beanspruchungsfolgen von Einzelhandelstätigkeiten ableitbar, die in der Untersuchung empirisch bestätigt werden können.

Schlüsselwörter: Psychische Beanspruchung, Einzelhandel, Tätigkeitsgestaltung, Emotionale Erschöpfung.

1. Einordnung

Im Zuge des Strukturwandels in den vergangenen Jahrzehnten ist der Anteil von Arbeitsplätzen im Dienstleistungsbereich auf etwa 70 Prozent gestiegen. Knapp 10 Prozent dieser Tätigkeiten sind Einzelhandelstätigkeiten. Auch für diese Tätigkeiten sind Sicherheit und Gesundheit der Beschäftigten zu gewährleisten (vgl. ArbSchG §5). Durch die in internationalen Normen festgehaltenen Grundsätze zur Gestaltung beeinträchtigungsfreier (DIN EN ISO 10075-2) sowie „gut gestalteter“, „ganzheitlicher“ (DIN EN ISO 9241-2; DIN EN ISO 614-2) Arbeitssysteme werden diese Forderungen weiter konkretisiert. Für ihre Forderungen liegen sowohl umfassende konzeptionelle Vorarbeiten (u.a. Schweitzer 1971; Volpert 1974; Hacker 2005) als auch empirische Belege (Holman & Wall 2003; Morrison et al. 2005; Parker 2003) vor.

Die Hauptaussage der Normen zu „gut gestalteten“ Aufgaben (DIN EN ISO 9241-2; DIN EN ISO 614-2) ist, dass vollständige, „ganzheitliche“ Tätigkeiten mit Tätigkeitsspielraum, Anforderungsvielfalt, Möglichkeiten zum Qualifikationseinsatz, Rückmeldung, Lern- und Entwicklungsmöglichkeiten und der Möglichkeit zu sozialen Beziehungen am Arbeitsplatz Über- sowie Unterforderung der Beschäftigten vermeiden und damit beanspruchungsgünstig sind. Diese Normen wurden allerdings für Arbeitstätigkeiten mit Maschinenbedienung sowie Bildschirmtätigkeiten – also Tätigkeiten, deren Gegenstand die Veränderung eines Objektes oder sachlichen Prozesses ist – entwickelt. Offen ist, ob ihre Annahmen auch für die hier zu untersuchenden Einzelhandelstätigkeiten gelten, deren Gegenstand weder Objektveränderung, noch Subjektveränderung, sondern der interaktive Austausch von Ware gegen Zahlungsmittel ist. Dazu liegen bislang keine empirischen Befunde vor.

Zur Überprüfung der Beziehungen zwischen Tätigkeitsgestaltung und psychischer Beanspruchung – und damit der Überprüfung der Normgültigkeit für interaktive Austausch Tätigkeiten – ist zunächst das Kernmerkmal „Ganzheitlichkeit“ vs. Fragmentierung der Normen zu „gut gestalteten Aufgaben“ auf Einzelhandelstätigkeiten zu übertragen. Da Einzelhandelstätigkeiten neben interaktiven austauschzentrierten Teiltätigkeiten (Bedienen, Beraten, Kassieren) auch nicht-interaktive, objektzentrierte Teiltätigkeiten (z.B. das Bestellen oder Verräumen von Ware) umfassen, wird ein zweidimensionales System der „erweiterten Ganzheitlichkeit“ entwickelt. Für die objekt-

zentrierten Teiltätigkeiten wird dabei das von primär objektverändernden Tätigkeiten bekannte Stufungsprinzip der Ganzheitlichkeit nach dem Grad der Arbeitsteilung beim kompletten Erstellen eines Arbeitsergebnisses beibehalten. Für die interaktiven austauschzentrierten Teiltätigkeiten wird dieses Stufungsprinzip zusätzlich auf den Grad der Arbeitsteilung bei der Interaktion mit Kunden übertragen. Mit diesem zweidimensionalen System sind Einzelhandelstätigkeiten als Konfigurationen objekt- und interaktionszentrierter Ganzheitlichkeit beschreibbar.

Zu prüfen ist, ob dieses System zur Beschreibung der Beanspruchung bei Einzelhandelstätigkeiten geeignet ist. In Analogie zu den von primär objektverändernden Tätigkeiten bekannten Ergebnissen nehmen wir an:

- Hypothese 1: Psychische Ermüdung, psychische Sättigung und Monotonie werden von Beschäftigten in ganzheitlicher Einzelhandelstätigkeit weniger ausgeprägt erlebt als von Beschäftigten mit fragmentierter Einzelhandelstätigkeit.

Einzelhandelstätigkeiten beinhalten die Interaktion mit Kunden. Von Untersuchungen an anderen Tätigkeiten mit arbeitsbedingter Interaktion ist bekannt, dass hier u.a. emotionale Arbeitsanforderungen beanspruchungsrelevant sein können, sofern sie zu Emotionaler Dissonanz (vgl. Hochschild 1983) führen (vgl. u.a. Zapf & Holz 2006). In enger Beziehung dazu steht die Emotionale Erschöpfung als Kernkomponente von Burnout (vgl. u.a. Heuven & Bakker 2003; Nerdinger & Röper 1999). Die bezüglich Emotionaler Dissonanz und Emotionaler Erschöpfung überwiegend untersuchten Tätigkeiten unterscheiden sich jedoch wesentlich von den hier interessierenden Einzelhandelstätigkeiten. Bei den untersuchten Pflegeleistungen (u.a. Büsing & Glaser 2003) ist der Arbeitsgegenstand die Veränderung von und Zuwendung zu (i.d.R. leidenden) Personen. Dies trifft für Austauschleistungen nicht zu. Wir unterstellen daher:

- Hypothese 2: Bei den zu untersuchenden Einzelhandelstätigkeiten liegt im Mittel keine Emotionale Erschöpfung vor.
- Hypothese 3: Unterschiedlich ganzheitliche Einzelhandelstätigkeiten unterscheiden sich in Bezug auf Emotionale Erschöpfung nicht signifikant voneinander.

2. Methode

2.1 Stichprobe

In der vorliegenden Studie wurden die Arbeitstätigkeiten von 419 Beschäftigten in verschiedenen Branchen und Unternehmensgrößen des Einzelhandels untersucht. 76.2 Prozent der Untersuchten waren Frauen. Das mittlere Alter der Untersuchten betrug 38 Jahre ($SD = 12$). 50.3 Prozent der Beschäftigten gingen einer Vollzeitbeschäftigung nach, 34.0 Prozent einer Teilzeitbeschäftigung. Nur 4.5 Prozent der Untersuchten waren geringfügig Beschäftigte. 11.1 Prozent der Teilnehmer waren selbständige Inhaber von Einzelhandelseinrichtungen.

2.2 Unabhängige Variable und Design

Die mittels bedingungsbezogener Analyse (Arbeitsstudien, realisiert als Beobachtungsinterviews) ermittelte erweiterte Ganzheitlichkeit vs. Fragmentierung der Einzelhandelstätigkeiten bildete die unabhängige Variable. Es handelt sich um ein Ex-post-

facto-Design.

2.3 Abhängige Variable

Zur Ermittlung der kurzfristigen psychischen Beanspruchungsfolgen erlebte psychische Ermüdung, psychische Sättigung und Monotonie wurden die Beanspruchungsratings von Richter et al. (2002) genutzt.

Die Emotionale Erschöpfung wurde mittels einer Übersetzung der Skala des Maslach Burnout Inventory (Schaufeli et al. 1996) erhoben.

2.4 Auswertung

Der Vergleich der Konfigurationen in Bezug auf die wahrgenommenen psychischen Beanspruchungsfolgen (erlebte psychische Ermüdung, erlebte psychische Sättigung, erlebte Monotonie, Emotionale Erschöpfung) wurde mittels zweifaktorieller Varianzanalysen realisiert.

3. Ergebnisse

Die statistische Auswertung zeigt, dass in der gesamten Stichprobe im Mittel keine kurzfristigen psychischen Fehlbeanspruchungsfolgen erlebt werden; die unterschiedlich ganzheitlichen Tätigkeitskonfigurationen unterscheiden sich in Bezug auf erlebte psychische Ermüdung, psychische Sättigung und Monotonie nicht signifikant voneinander. Hypothese 1 muss damit abgelehnt werden.

Für die ausgesagte Emotionale Erschöpfung ergibt die Auswertung, dass diese von den Beschäftigten im Mittel „einige Male pro Jahr oder weniger“ bei der Arbeit erlebt wird. Erwartungsgemäß liegt demnach keine Emotionale Erschöpfung vor; Hypothese 2 kann angenommen werden. Da sich folglich auch keine Unterschiede zwischen den unterschiedlich ganzheitlichen Tätigkeitskonfigurationen in Bezug auf Emotionale Erschöpfung nachweisen lassen, wird Hypothese 3 gleichfalls angenommen.

4. Diskussion

Was ist aus diesen Befunden bezüglich der Hauptfrage nach psychischer Beanspruchung bei interaktiven Austauschaktivitäten vom Typ der Einzelhandelstätigkeiten abzuleiten?

Die Ergebnisse zeigen zunächst, dass kurzfristige psychische Fehlbeanspruchungsfolgen in der untersuchten Stichprobe nicht vorliegen. Für die ganzheitlichen Einzelhandelstätigkeiten entspricht dies den durch die Normen zu „Merkmale gut gestalteter Aufgaben“ (DIN EN ISO 9241-2; DIN EN ISO 614-2) nahe gelegten Erwartungen. Für die fragmentierten Einzelhandelstätigkeiten könnte dies auf eine kompensierende Wirkung der hier erstmals differenzierten beiden Ganzheitlichkeitsdimensionen hindeuten: möglicherweise wird negativen Wirkungen fragmentierter objektzentrierter Teiltätigkeiten durch die Interaktion mit Kunden vorgebeugt – und umgekehrt. Da diese Hypothese jedoch nicht Gegenstand der Untersuchung war, sollte sie in künftigen Untersuchungen eingehend geprüft werden.

Das Ergebnis nicht vorliegender Emotionaler Erschöpfung in der untersuchten

Stichprobe von Beschäftigten im Einzelhandel widerspricht den eingangs formulierten Erwartungen nicht. Es bestätigt die Annahme geringer Relevanz von Emotionsmanagement bei den hier untersuchten interaktiven Austausch Tätigkeiten. Dieser Befund stützt zugleich die Nützlichkeit der Klassifikation von Tätigkeiten nach ihrem Arbeitsgegenstand, indem sie ein realistischeres Abschätzen psychischer Anforderungen und Beanspruchungsfolgen erlaubt.

5. Literatur

1. Büssing, A. & Glaser, J. 2003, Interaktionsarbeit in der personenbezogenen Dienstleistung. In: A. Büssing (Hrsg.), Dienstleistungsqualität und Qualität des Arbeitslebens im Krankenhaus. Göttingen: Hogrefe.
2. DIN EN 614-2: 2000, Ergonomische Gestaltungsgrundsätze, Teil 2: Wechselwirkungen zwischen der Gestaltung von Maschinen und den Arbeitsaufgaben. Berlin: Beuth.
3. DIN EN ISO 9241-2: 1993, Ergonomische Anforderungen für Bürotätigkeiten mit Bildschirmgeräten, Teil 2: Anforderungen an die Arbeitsaufgaben- Leitsätze. Berlin: Beuth.
4. DIN EN ISO 10075-2: 2000, Ergonomische Grundlagen bezüglich psychischer Arbeitsbelastung, Teil: Gestaltungsgrundsätze. Berlin: Beuth.
5. Holman, D.J. & Wall, T.D. 2002. Work characteristics, learning-related outcomes and strain: a test of competing direct effects, mediated and moderated models, *Journal of Occupational Health Psychology*, 7, 283-301.
6. Hacker, W. 2005, Allgemeine Arbeitspsychologie – Psychische Regulation von Arbeitstätigkeiten. Bern: Huber.
7. Heuven, E. & Bakker, A.B. 2003, Emotional dissonance and burnout among cabin attendants, *European Journal of Work and Organizational Psychology*, 12, 81-100.
8. Hochschild, A.R. 1983, *The managed heart. Commercialization of Human Feelings*. Berkeley, CA: University of California Press.
9. Morrison, D., Cordery, J., Girardi, A., & Payne, R. 2005, Job design, opportunities for skill utilization, and intrinsic job satisfaction, *European Journal of Work and Organizational Psychology*, 14, 59–79.
10. Nerdinger, F.W. & Röper, M. 1999, Emotionale Dissonanz und Burnout. Eine empirische Untersuchung im Pflegebereich eines Universitätskrankenhauses, *Zeitschrift für Arbeitswissenschaft*, 53, 187-193.
11. Parker, S.K. 2003, Longitudinal Effects of lean production on employee outcomes in the mediating role of work characteristics, *Journal of Applied Psychology*, 88, 620-634.
12. Richter, P., Debitz, U. & Schulze, F. 2002, Diagnostik von Arbeitsanforderungen und kumulativen Beanspruchungsfolgen am Beispiel eines Call Centers, *Zeitschrift für Arbeitswissenschaft*, 56, 67-76.
13. Schaufeli, W.B., Leiter, M.P. & Maslach, C. 1996, The MBI-General Survey. In: C. Maslach, S.E. Jackson & M.P. Leiter (Eds.). *Maslach Burnout Inventory Manual*, Third Edition. Palo Alto, CA: Consulting Psychologists Press, 19-26.
14. Schweitzer, A. 1971, Verfall und Wiederaufbau der Kultur. In: A. Schweitzer (Hrsg.), *Gesammelte Werke*. Berlin: Union-Verlag, 17-94.
15. Volpert, W. 1974, Handlungsstrukturanalyse als Beitrag zur Qualifikationsforschung. Köln: Pahl Rugenstein.
16. 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.

Untersuchung der psychomentalen Belastung und Beanspruchung der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter im Eurokontrollraum des Zweiten Deutschen Fernsehens (ZDF)

Verena BOPP¹, Rolf HELBIG¹, Detlev JUNG² und Ralph BRUDER¹

¹ *Institut für Arbeitswissenschaft, TU Darmstadt,
Petersenstr. 30, D-64287 Darmstadt*

² *ZDF Betriebsärztlicher Dienst, D-55100 Mainz*

Kurzfassung: Das Konzept zur Untersuchung von psychomentaler Belastung und Beanspruchung der Beschäftigten im Internationalen Schaltraum einer Fernsehanstalt berücksichtigt viele verschiedene Aspekte (Arbeitsablaufanalyse, physiologische Größen wie Herzschlagfrequenz und 24-Stunden-Blutdruck-Monitoring, Befragung der Beschäftigten zur subjektiven Beanspruchung) und ermöglicht dadurch die Erfassung und Beurteilung eines komplexen Arbeitssystems in seinen Auswirkungen auf die Beschäftigten, ihre Gesundheit und Leistung sowie die Ableitung von Gestaltungsempfehlungen.

Schlüsselwörter: Psychomentale Belastung, psychomentale Beanspruchung, 24-Stunden-Blutdruckmonitoring.

1. Einleitung

Der Eurokontrollraum (EKR) des ZDF ist die Schnittstelle zwischen den internationalen Quellen von Sendematerial und den Empfängern im ZDF. Die EKR-Mitarbeiterinnen und -Mitarbeiter sind zuständig für die Organisation der Übertragungswege, die Annahme von Überspielungen aus dem Ausland und deren Optimierung in Bild und Ton sowie die Schaltung von Kommunikationsleitungen.

Die Arbeit im Eurokontrollraum ist durch eine Vielzahl von belastenden Faktoren gekennzeichnet, z. B. Arbeit unter Zeitdruck, hohe Verantwortung, Umgang mit komplexer, sich ständig ändernder Technik, Schichttätigkeit, hohe Anforderung an Konzentration und Problemlösekompetenz.

Die Altersstruktur der EKR-Beschäftigten verschiebt sich zunehmend nach oben (Durchschnittsalter aktuell 48 Jahre). In Folge des demografischen Wandels und aus tarifvertraglichen und personalpolitischen Gründen ist zukünftig mit einer weiteren Zunahme des Anteils älterer und möglicherweise gesundheitlich beeinträchtigter Mitarbeiter im EKR zu rechnen.

Die Untersuchung hat das Ziel, aus der Analyse der psychomentalen Belastung und Beanspruchung der EKR-Beschäftigten praxisorientierte und wirtschaftliche Gestaltungsvorschläge zur Verbesserung der Situation am Arbeitsplatz und zum Erhalt der Leistungsfähigkeit der Mitarbeiter trotz zunehmendem Alter und möglicherweise beeinträchtigter Gesundheit abzuleiten.

2. Methode

Die Untersuchung (unter Berücksichtigung des Kanalmodells der Informationsaufnahme, eingeteilt nach Sinneskanälen: optisch, akustisch, taktil etc.; Informations-

verarbeitung, Informationsausgabe) umfasst folgende Module:

- Tätigkeitsanalyse/ Problemanalyse (Untergliederung der Belastung in einzelne Teilbelastungen)
- Schichtbezogene Erhebung der Teilbelastungen
- Schichtbezogene Erhebung der subjektiven Beanspruchung mittels des modifizierten NASA Task Load Index Test (Hart & Staveland 1988), zusätzlich Einsatz der Fragebögen Effort-Reward-Imbalance-ERI (Siegrist 2002) und Work Ability Index-WAI (Hasselhorn & Freude 2007).
- Physiologische Beanspruchungsmessung (Herzschlagfrequenz, 24-Stunden-Blutdruckmonitoring), Verknüpfung mit den Tätigkeitsanalysen, statistische Auswertung
- Ableitung von Gestaltungsempfehlungen

3. Ergebnisse

Die der Beurteilung zugrunde liegenden Kriterien für normalen Blutdruck unter Arbeitsbedingungen orientieren sich an den Leitlinien der Deutschen Gesellschaft für Arbeitsmedizin und Umweltmedizin (DGAUM).

3.1 Blutdruck und subjektive Beanspruchung

Es zeigte sich ein Zusammenhang zwischen der Höhe der Einstufung der subjektiven Beanspruchung im NASA TLX und der Höhe der Blutdruckwerte:

- Zeitliche Anforderungen (Zeitdruck)
- Geistige Anforderungen
- Erforderliche Anstrengung
- Anforderung durch nicht planbare Ereignisse (Störungen)

Diese subjektiv als besonders beanspruchend empfunden Aspekte der Tätigkeit sind auch objektiv mit einer erhöhten Beanspruchung, erkennbar an der Blutdruckhöhe, verbunden.

Die Auswertung der Blutdruckwerte in der Zeit zwischen den Schichten zeigte, dass es innerhalb von 24 Stunden weitgehend zu einer Normalisierung im Sinne einer vollständigen Erholung des Blutdrucks kommt, auch erkennbar an einem regelrechten Blutdruckabfall in der Schlafphase.

3.2 Effort-Reward-Imbalance-Test

Die Anforderungen durch Zeitdruck und Verantwortung werden von den Befragten als hoch und belastend empfunden, gleiches gilt für die zunehmende Arbeitsverdichtung.

Unterstützung und Anerkennung bei der Arbeit werden bei Kollegen, kaum aber bei Vorgesetzten gefunden.

Die Befragten empfinden die Rahmenbedingungen ihrer Arbeit (erreichte Stellung, Vergütung, Sicherheit des Arbeitsplatzes) als adäquat.

Es finden sich deutliche interindividuelle Unterschiede bei dem Kriterium „berufliche Verausgabungsneigung“ und Verhaltens- und Bewältigungsstrategien bezüglich Arbeitsanforderungen (Spannweite 9 – 17 Punkte von maximal 24 erreichbaren Punkten)

3.3 Work-Ability-Index (WAI)

Die WAI-Ergebnisse der Untersuchungsteilnehmer (n=7) lagen altersentsprechend im Normbereich (Spannbreite 31 – 46 Punkte), eine Verlaufskontrolle ist sinnvoll.

4. Gestaltungsempfehlungen

Sowohl Beschäftigte mit arterieller Hypertonie als auch Beschäftigte ohne Hochdruckerkrankung zeigen unter Arbeitsbelastung zeitweise Blutdruckwerte außerhalb des DGAUM-Normbereiches.

Hier sollten Gestaltungsmaßnahmen ansetzen, um Zeitdruck und Störungen bei der Arbeit zu minimieren. Diese betreffen vor allem die Arbeitsorganisation (z. B. frühzeitige Auftragserteilung seitens der Material abgebenden Stellen, um so den Koordinatoren mehr Zeit für die Organisation der Überspielungen zu verschaffen; keine Anforderung von Überspielungen nicht zeitkritischer Beiträge in der arbeitsreichsten Zeit zwischen 18 – 19 Uhr; keine ständigen Rückfragen im EKR seitens der Material abgebenden bzw. empfangenden Stellen bei Überspielungsproblemen, da auf diese Weise zusätzlicher Zeitdruck während der Arbeit an der Lösung des Problems entsteht).

Grundsätzlich gilt: „Kunden“ (= Sender und Empfänger von Überspielungen) sollten z. B. durch verstärkten Informationsaustausch mit dem EKR möglichst gut über Arbeitsweise und Abläufe im EKR informiert sein, dadurch lassen sich zusätzliche „unnötige“ Belastungen reduzieren.

Beschäftigte im EKR, die bereits unter erhöhtem Blutdruck leiden, benötigen neben den Arbeitsgestaltungsmaßnahmen eine optimale medikamentöse Einstellung ihres Hochdrucks.

Zur Stärkung der Mitarbeiter-Ressourcen bieten sich Schulungen zum Thema Stressbewältigung sowie zum gesundheitsgerechten Umgang mit Nacht- und Schichtarbeit an, außerdem praktische Maßnahmen wie z. B. die Nutzung des haus-eigenen Fitness- und Trainingszentrums.

Außerdem empfiehlt sich eine Intensivierung der Kommunikation zwischen EKR-Führungskräften und EKR-Beschäftigten.

Wegen der hohen Anforderungen an die auditive Informationsaufnahme (z. B. optimiert der Euro-Tonmitarbeiter den Ton per Messgeräte und Gehör; Daueraufmerksamkeit des Eurokoordinators auf die Gegensprechanlage; teilweise schlechte Telefonverbindungen zu abgebenden Stellen im Ausland) sollten die Umgebungsbedingungen möglichst optimal gestaltet werden (z. B. Minimierung des Rauschens durch Klimaanlage, Lüfter etc.)

5. Literatur

1. Hart, S. & Staveland, L. 1988, Development of NASA-TLX (Task Load Index) – Results of empirical and theoretical research. In: P. Hancock & N. Meshkati (Eds.), Human Mental Workload. Amsterdam: North Holland, 139 – 188.
2. Hasselhorn, H.M. & Freude, G. 2007, Der Work Ability Index - ein Leitfaden. Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Sonderschrift S. 87, 1. Auflage. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW Verlag für neue Wissenschaft GmbH.
3. Seibt, R. & Scheuch, K. 2005, Blutdruckmessung in der Arbeitsphysiologie. Leitlinien der Deutschen Gesellschaft für Arbeitsmedizin und Umweltmedizin (DGAUM).

4. Siegrist, J. 2002, Effort-reward Imbalance at Work and Health. In: P. Perrewe & D. Ganster (Eds.), Research in Occupational Stress and Well Being, Volume 2. Historical and Current Perspectives on Stress and Health. New York: JAI Elsevier, 261-291.

Arbeitsanalyse in der Entsorgungswirtschaft

Claus BACKHAUS¹, Karl-Heinz JUBT¹, Christian FELTEN¹
und Wolfgang FRIESDORF²

¹ Berufsgenossenschaft für Fahrzeughaltungen,
Ottenser Hauptstr. 54, D-22765 Hamburg

² TU-Berlin, FG: Arbeitswissenschaft und Produktergonomie,
Fasanenstr. 1, D-10623 Berlin

Kurzfassung: Für die Vorbereitung einer Laborstudie zur biomechanischen Belastungsanalyse werden repräsentative Gewichte und Handhabungen beim Bewegen unterschiedlicher Müllsammelbehälter ermittelt. Die Behältergewichte werden durch die Analyse der Schüttgewichte von zwei Entsorgungstouren bestimmt und durch Stichprobenmessungen validiert. Die Arbeitsanalyse erfolgt durch das Begleiten und Auswerten von vier Abfallsammeltouren. Die gemessenen Behältergewichte übertreffen die in der Literatur ermittelten Angaben. Durch 4 bzw. 5 Handhabungen pro Müllbehältertyp können mehr als 90% aller Lastenmanipulationen abgebildet werden.

Schlüsselwörter: Arbeitsanalyse, Gewichte, Müllsammelbehälter, Handhabung.

1. Situation

Muskel-Skelett-Erkrankungen gehören zu den am häufigsten angezeigten Berufskrankheiten und sind für eine hohe Zahl krankheitsbedingter Fehltag in Unternehmen verantwortlich.

Für das Verkehrsgewerbe wurden im Jahr 2006 insgesamt 651 Muskel-Skelett-Erkrankungen als Berufskrankheit angezeigt (DGUV 2007). Dabei entfällt eine große Zahl von Verdachtsanzeigen auf den Bereich der Abfallentsorgung, in dem die Mitarbeiter durch den Abtransport von Hausmüll Belastungen durch das Ziehen und Schieben von Müllsammelbehältern ausgesetzt sind. Diese Belastungen können Überbeanspruchungen verursachen und - ähnlich wie das Heben und Tragen schwerer Lasten - zu einer Erkrankung der Wirbelsäule führen. Das Bundesministerium für Arbeit und Soziales hat daher Aktionskräfte für das Ziehen und Schieben von Lasten benannt, bei deren Überschreitung mit einem erhöhten Risiko für die Verursachung einer bandscheibenbedingten Erkrankung der Lendenwirbelsäule zu rechnen ist (BMAS 2006).

Zur Vorbereitung einer Laborstudie, die in einer biomechanischen Belastungsanalyse typische Aktionskräfte beim Ziehen und Schieben von Müllsammelbehältern ermitteln soll, werden in einer Arbeitsanalyse typische Lastgewichte und Handhabungen beim Bewegen von Müllsammelbehältern ermittelt.

2. Methode

Zum Ermitteln repräsentativer Gewichte bzw. Gewichtsverteilungen werden die Daten von zwei Entsorgungstouren in einer mitteldeutschen Kreisstadt ausgewertet (Messung 1) und zusätzlich Stichprobenmessungen in einer norddeutschen Klein-

stadt durchgeführt (Messung 2).

Die Datenaufnahme der Messung 1 erfolgt durch eine Wiegeeinrichtung an der Schüttung eines Müllsammelfahrzeuges. In dem untersuchten Entsorgungsbezirk erfolgt die Abrechnung der Entsorgungsgebühren gewichtsbezogen. Daher wird bei jeder Entleerung eines Müllsammelbehälters dessen Füllgewicht automatisch erfasst. Zur Auswertung werden die Daten von zwei Hausmüll-Entsorgungstouren (Restabfall) eines Wohnbezirkes mit 240 Liter- und 1100 Liter-Müllsammelbehältern verwendet. Die Messung erfolgte im Frühjahr 2007.

Messung 2 dient dem Ermitteln von Gewichten für 120 Liter-Müllsammelbehälter und der Kontrolle bzw. Validierung der Daten der Messung 1. Hierzu werden in einer norddeutschen Kleinstadt mit volumenbezogenem Abrechnungssystem 120 Liter, 240 Liter- und 1100 Liter-Müllsammelbehälter mit Hausmüll manuell gewogen. Die Datenerhebung erfolgte ebenfalls im Frühjahr 2007.

Die Auswertung der Messwerte erfolgt durch das Berechnen der statistischen Kenngrößen Mittelwert, Standardabweichung, Modalwert und Schiefe. Zusätzlich wird das 5., 50. (Median) und 95. Perzentil der Gewichtsverteilung der Müllsammelbehälter bestimmt.

Zur Analyse der Handhabung der Müllsammelbehälter wird auf der Grundlage von Arbeitsbeobachtungen eine Taxonomie relevanter Handhabungen erstellt. Diese berücksichtigt die Parameter: Bewegungsart (ziehen, schieben), Laufrichtung (vorwärts, rückwärts), Händigkeit (einhändig, zweihändig), Behälterzahl (ein, zwei), Unterstützung (ein, zwei Personen) und Körpereinsatz (Schulter, Rücken). Aus der Kombination dieser Einflussgrößen lassen sich insgesamt 35 biomechanisch sinnvolle Handhabungsarten ableiten. Zur Auswertung werden vier Abfallsammeltouren zur Papier- und Hausmüllentsorgung in einer ostdeutschen Großstadt auf Videoband dokumentiert. Die Behältergrößen 240 Liter und 1100 Liter und der Hin- bzw. Rückweg zum Fahrzeug (entsprechend gefülltem bzw. entleertem Behälter) werden in der Auszählung getrennt betrachtet.

3. Ergebnisse

Tabelle 1 zeigt die ermittelten Werte der Messungen zur Gewichtsbestimmung.

Tabelle 1: Gewichte der Müllsammelbehälter

Behältertyp	Messung 1		Messung 2		
	240 Liter	1100 Liter	120 Liter	240 Liter	1100 Liter
Stichprobe	339	199	112	97	48
Mittelwert [kg]	35,7	146,7	39,4	54,9	147,5
Standardabw. [kg]	14,3	61,5	8,0	15,9	11,5
Modalwert [kg]	26,0	89,0	19,9	49,1	159
Median [kg]	32,0	134,0	24,9	42,0	148
Schiefe	0,98	2,12	0,50	0,75	0,52
5. Perzentil [kg]	18,0	77,0	15,0	23,8	100,7
95. Perzentil [kg]	67,0	257,2	39,6	71,2	223,0

Abbildung 1 zeigt die Häufigkeitsverteilung unterschiedlicher Handhabungen beim Bewegen von 240 Liter- bzw. 1100 Liter-Müllsammelbehältern.

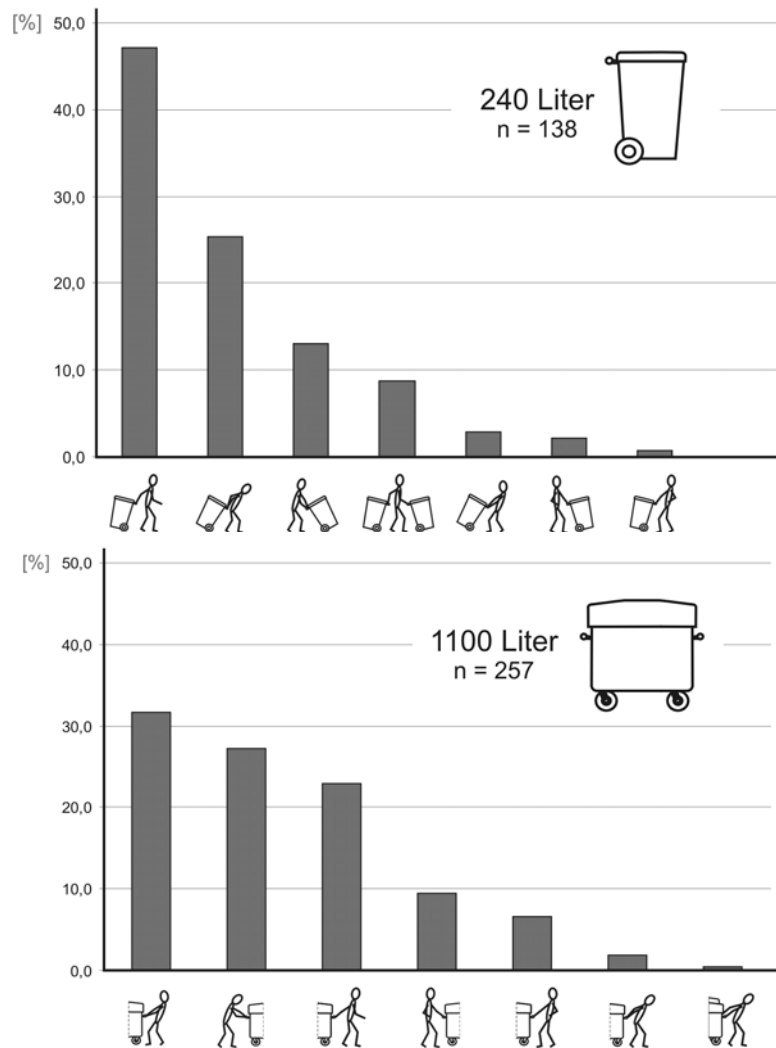


Abbildung 1: Häufigkeit unterschiedlicher Handhabungen beim Bewegen von vollen 240 Liter (oben) und 1100 Liter (unten) Müllsammelbehältern

4. Diskussion

Die Daten der Gewichtsmessungen weisen für alle Behältergrößen eine linkssteile Normalverteilung auf (Schiefe 0,50 - 2,12). Auffällig sind die Mittelwertsunterschiede der Messreihen der 240 Liter-Müllsammelbehälter (54,9 kg vs. 35,7 kg). Die 240 Liter-Behälter des Entsorgungsbezirkes mit volumenbezogenem Abrechnungssystem (Messung 2) werden (hoch)signifikant schwerer beladen als die Behälter des Bezirkes mit gewichtsbezogenem Abrechnungssystem (t-Test, $p \leq 0,01$). Dieser Effekt lässt sich zum einen durch das Fehlen von 120 Liter-Müllsammelbehältern im Bezirk mit gewichtsbezogenem Abrechnungssystem und zum anderen durch eine (kosten-) effizientere Ausnutzung des verfügbaren Behältervolumens im Entsorgungsbezirk mit volumenbezogenem Abrechnungssystem erklären.

Da volumenbezogene Abrechnungssysteme in Deutschland gegenwärtig etablierter sind, sollten für eine nachfolgende Studie zur biomechanischen Belastungsermittlung die Gewichtswerte der Messung 2 für die 240 Liter- Müllsammelbehälter berücksichtigt werden.

Ein überzufälliger Unterschied der berechneten Gewichtswerte tritt bei den Messrei-

hen der 1100 Liter-Müllsammelbehältern nicht auf. Ein durchgeführter t-Test bestätigt, dass beide Stichproben derselben Grundgesamtheit entstammen ($p \leq 0,05$) und zur Weiterverarbeitung daher zusammengefasst werden können.

Insgesamt liegen die ermittelten Werte deutlich über den Gewichtsangaben, die sich aus thematisch verwandten Publikationen entnehmen lassen (vgl. Jäger et al. 1998; Brigham et al. 1980; Römer 1997)

Die Häufigkeitsverteilungen der Handhabungen berücksichtigt lediglich gefüllte Müllsammelbehälter, da hier die größeren Belastungen für die Müllwerker zu erwarten sind. Bei den 240 Liter-Behältern erfolgen 47% aller beobachteten Lastenmanipulationen durch einhändiges Ziehen. Insgesamt 94% aller Bewegungen können durch die vier Handhabungen einhändiges Ziehen, beidhändiges Ziehen, beidhändiges Schieben sowie gleichzeitiges Ziehen und Schieben beschrieben werden. Auch das Bewegen der 1100 Liter Müllsammelbehälter wird durch 3 bis 5 Handhabungen hinreichend genau beschrieben. Durch beidhändiges Ziehen, beidhändiges Schieben und einhändiges Ziehen werden 82% aller beobachteten Lastenmanipulationen abgebildet. Berücksichtigt man zusätzlich, die Handhabungen einhändiges Schieben und einhändiges Ziehen rückwärts, werden bereits 98% aller beobachteten Lastenbewegungen erfasst.

In den beobachteten Entsorgungstouren bestätigte sich zwar die tätigkeitstypische hohe Variation der Art der Lastenhandhabung bei gleichzeitig geringer Variation der Körperhaltung (Jordan 2005), allerdings lassen sich durch 4 bzw. 5 Handhabungen pro Müllbehälter mehr als 90% aller Lastenmanipulationen abbilden.

5. Literatur

1. Brigham F., Radl, G.W., Tossing, N. & Wegner, K. 1980, Arbeitsbedingungen bei der Stadtreinigung, Forschungsbericht Nr. 230. Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Unfallforschung. Zitiert aus: Jäger, M., Luttmann, A. & Laurig, W. 1984, The load on the spine during the transport of dustbins, *Applied Ergonomics*, 15, 91-98.
2. BMAS 2006, Merkblatt zu der Berufskrankheit Nr. 2108 der Anlage zur Berufskrankheitenverordnung (BKV), *Bundesarbeitsblatt*, 10-2006, 30-35.
3. DGUV 2007, Geschäfts- und Rechnungsergebnisse der gewerblichen Berufsgenossenschaften 2006. St. Augustin: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung, 80.
4. Günther, J. 2006, Erste Betriebserfahrung TREA Leuna mit integriertem Ballenzwischenlager. In: B. Bilitewski, M. Faulstich & A.I. Irban (Hrsg.), 11. Fachtagung Thermische Abfallbehandlung, 14.-15. März 2006, München. Kassel: University Press, 17.
5. Jäger, M., Jordan, C., Luttmann, A., Dettmer, U., Bongwald, O. & Laurig, W. 1998, Dortmunder Lumbalbelastungsstudie - Ermittlung der Belastung der Wirbelsäule bei ausgewählten beruflichen Tätigkeiten. St. Augustin: Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften.
6. Jordan, C. 2005, Ermüdungsbedingte Veränderungen von Körperhaltungen und kumulativer Wirbelsäulenbelastung in Felduntersuchungen. Aachen: Shaker Verlag.
7. Römer, D. 1997, Analyse der Belastungssituation ausgewählter Arbeitsplätze in der Wertstoffsorgung, Diplomarbeit am Fachbereich Sicherheitstechnik der Bergischen Universität Gesamthochschule. Wuppertal: Bergische Universität Gesamthochschule.

Körperliche Belastungen und Beschwerden bei Beschäftigten in einem Kanal- und Rohrnetzbetrieb

André KLUSSMANN¹, Hansjürgen GEBHARDT¹ und Monika A. RIEGER²

¹ *Institut für Arbeitsmedizin, Sicherheitstechnik und Ergonomie (ASER) e.V.,
Corneliusstr. 31, D-42329 Wuppertal*

² *Schwerpunkt Arbeitsmedizin und Umweltmedizin,
Institut für Allgemeinmedizin und Familienmedizin, Universität Witten/Herdecke,
Alfred-Herrhausen-Str. 50, D-58448 Witten*

Kurzfassung: Beschäftigte in Kanal- und Rohrnetzbetrieben wurden zu körperlichen Belastungen und Beschwerden befragt, und Arbeitsplatzanalysen wurden durchgeführt. Neben individuellen Risikofaktoren (Übergewicht) wird das Muskel-Skelett-System besonders durch ungünstige Körperhaltungen (Bücken, Knien) und häufige Lastenhandhabung (Anheben/Ziehen von Kanaldeckeln) belastet. Körperliche Beschwerden an Schultern, BWS, LWS und Knien sind häufig. Neben den bisher bestehenden Hilfsmitteln sind weitere technische und organisatorische Maßnahmen zur Verringerung von körperlichen Belastungen erforderlich. Zudem sollten die Beschäftigten zur Prävention möglicher Beschwerden auch zur Reduktion des Körpergewichts motiviert und begleitet werden.

Schlüsselwörter: körperliche Belastungen und Beschwerden, Arbeitsplatzanalysen, Körperhaltung, Risikofaktoren.

1. Einleitung

Beschäftigte in kommunalen Versorgungs- und Abwasserbetrieben sind bei der Ausübung ihrer Tätigkeiten teilweise hohen körperlichen Belastungen ausgesetzt (Lemke 2005). Die Ausprägungen der einzelnen Belastungen sind dabei bei den einzelnen Tätigkeiten sehr unterschiedlich. Es wurde untersucht, welche körperlichen Beschwerden und allgemeine Risikofaktoren für muskuloskelettale Beschwerden vorliegen, welche Belastungen bei einzelnen Tätigkeiten auftreten und welche präventiven Maßnahmen zu deren Reduzierung vorgeschlagen werden können.

2. Methode

Beschäftigte wurden mittels eines standardisierten Fragebogens zu Art und Umfang ihrer beruflichen Tätigkeiten, zu körperlichen Beschwerden und zu aus der Literatur bekannten Risikofaktoren für muskuloskelettale Erkrankungen befragt. Zudem wurden im Rahmen von ganzschichtigen Arbeitsplatzanalysen 19 Beschäftigte bei der Ausübung ihrer Tätigkeiten begleitet. Die Tätigkeiten und Körperhaltungen wurden mit einem PDA (Personal Digital Assistant) durch einen Betrachter protokolliert. Zusätzlich wurden die Probanden am Ende des Arbeitstages gebeten den Umfang ihrer Tätigkeiten und der Körperhaltung in einen Fragebogen einzutragen.

3. Ergebnisse

3.1 Ergebnisse der Befragung

39/134 männliche Mitarbeiter eines Kanal- und Rohrnetzbetriebes füllten den Fragebogen vollständig aus (21 Kanal, 18 Rohrnetz). Das mittlere Alter der Befragten betrug 42,4 (20-59) Jahre, beim BMI lag der Median bei 27,4 (21,9-43,9). Im Durchschnitt hatten die Befragten 2 andere Berufe ausgeführt, bevor sie die derzeitige Tätigkeit aufnahmen. Die aktuelle Tätigkeit wurde seit durchschnittlich 9,5 Jahren (1-45 Jahre) ausgeführt. Im Vergleich zu einer Vergleichsgruppe von Beschäftigten an Bildschirmarbeitsplätzen mit vergleichbarer Altersverteilung (Gebhardt et al. 2006) klagten die Befragten signifikant häufiger über Beschwerden in den Schultern (50% gegenüber 32%), im oberen Rücken (47% gegenüber 23%), im unteren Rücken (84% gegenüber 53%) sowie in den Knien (54% gegenüber 14%) (jeweils 12-Monatsprävalenz) (vgl. Abbildung 1).

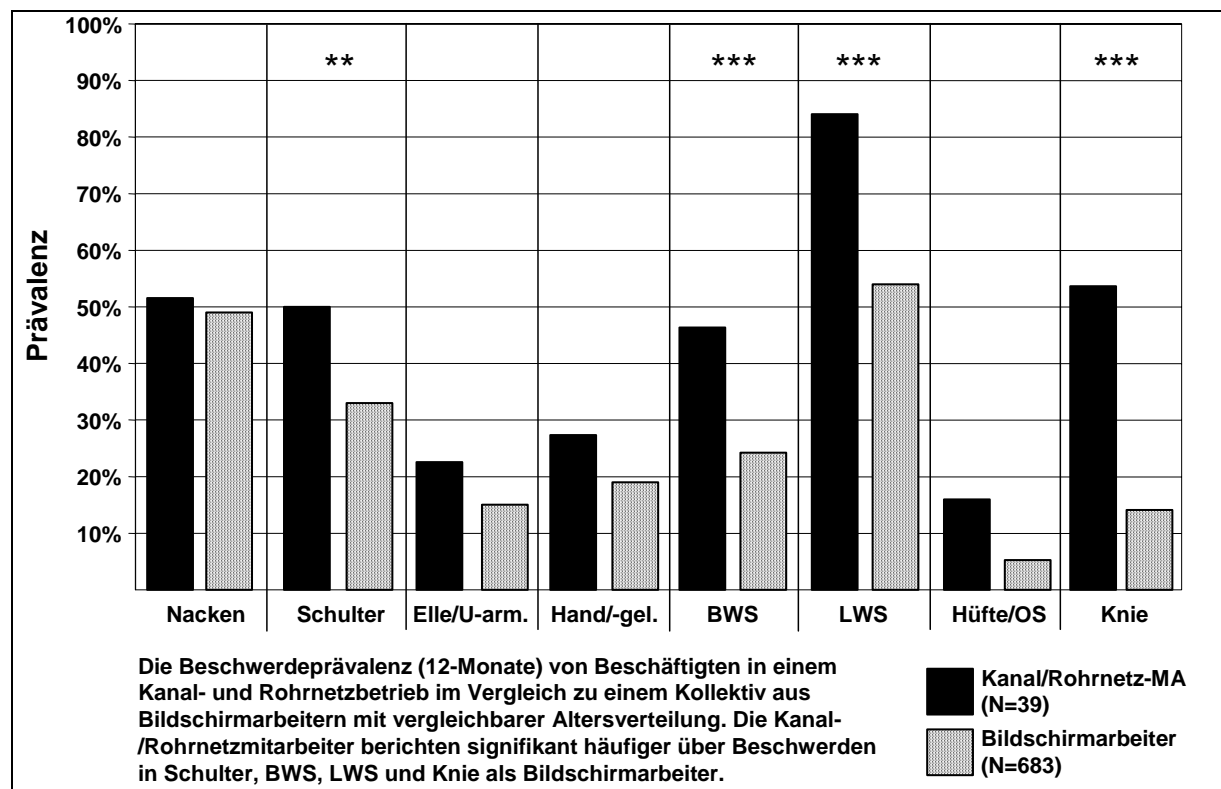


Abbildung 1: Beschwerdeprävalenz (12-Monate) von Beschäftigten in einem Kanal- und Rohrnetzbetrieb im Vergleich zu Bildschirmarbeitern (**: $p < 0,01$; ***: $p < 0,001$)

Im Rahmen der Tätigkeitsanamnese gaben die Beschäftigten an, durchschnittlich 1,6 (0-6) Stunden am Tag in hockender oder kniender Körperhaltung zu verbringen. Weiterhin wurde eine häufige manuelle Lastenhandhabung von schweren Gegenständen (z.B. Kanaldeckel) angegeben.

3.2 Ergebnisse der Arbeitsplatzanalysen

Im Rahmen von Arbeitsplatzanalysen wurden 19 Beschäftigte bei der Ausübung ihrer Tätigkeiten begleitet und deren Tätigkeiten und Körperhaltungen beobachtet und dokumentiert. Die zeitlichen Anteile der Körperhaltungen sind in Abbildung 2, die

Häufigkeiten von Hebe- und Tragetätigkeiten in Abbildung 3 dargestellt. Die schmalen Balken geben dabei jeweils die durch den Mitarbeiter subjektiv eingeschätzte, die breiten Balken die durch den Beobachter ermittelten Zeitanteile bzw. Häufigkeiten an.

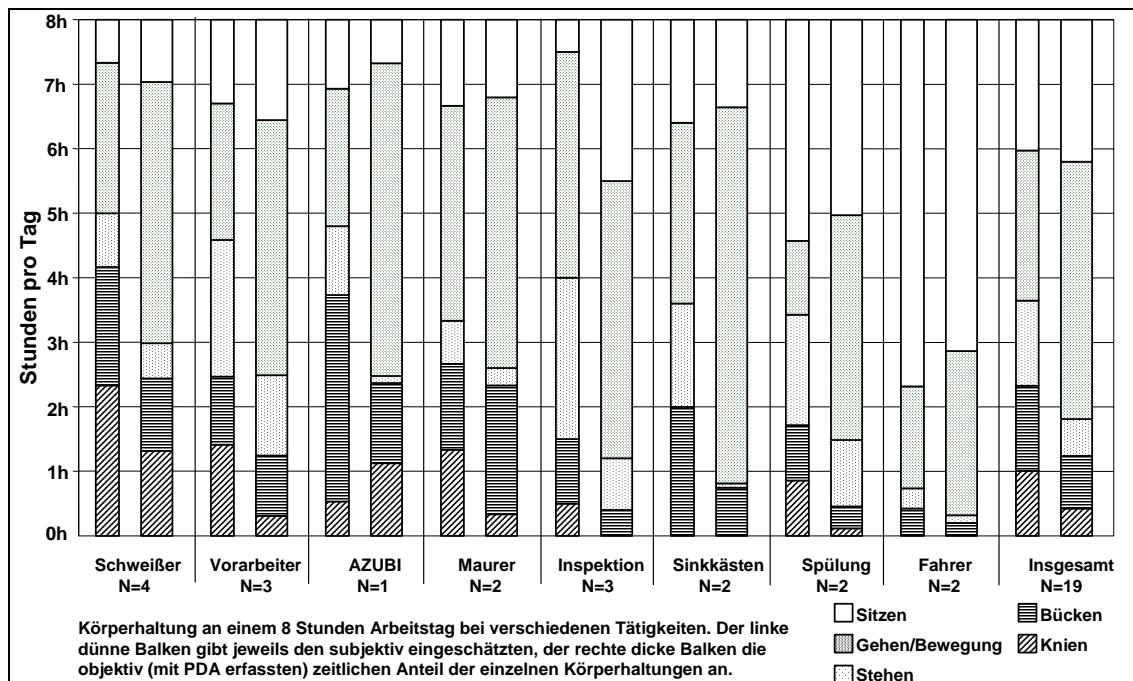


Abbildung 2: Verteilung der Körperhaltungen an einem Arbeitstag (8 Stunden) bei verschiedenen Tätigkeiten

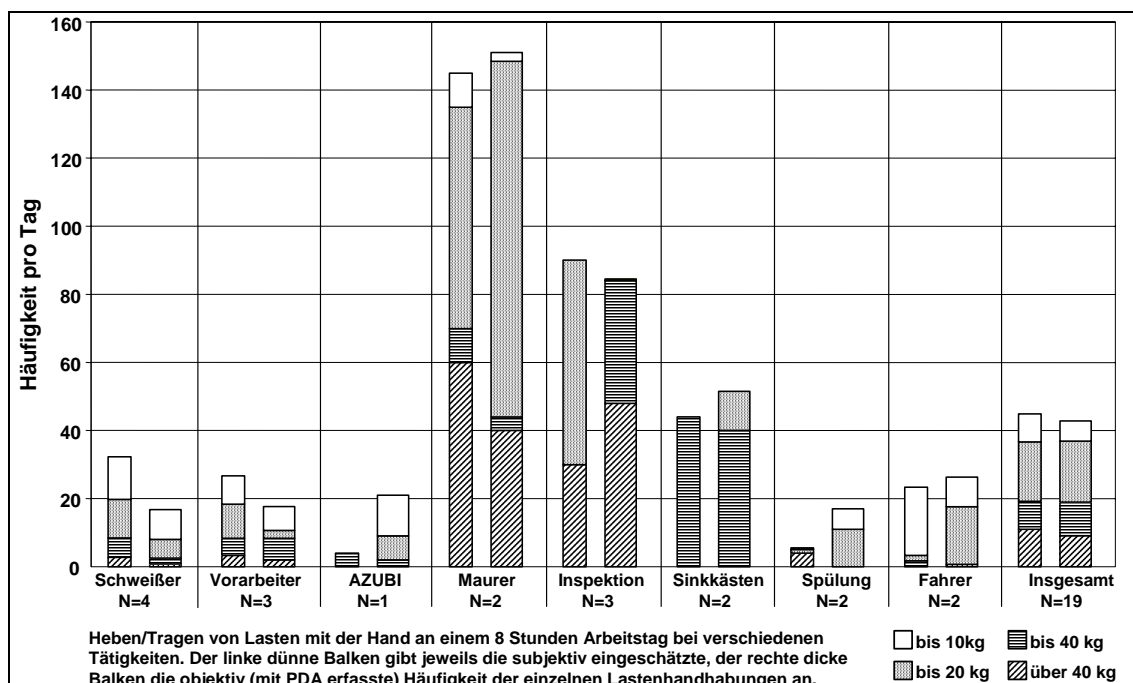


Abbildung 3: Häufigkeit von manuellem Heben/Tragen von Lasten an einem Arbeitstag (8 Stunden) bei verschiedenen Tätigkeiten

Körperliche Belastungen durch ungünstige Körperhaltung wie Bücken oder Knien wurden insbesondere für Schweißer und Maurer dokumentiert. Durch häufiges He-

ben und Tragen sind neben den Maurern insbesondere die Kanalinspektoren und die Sinkkästenreiniger belastet. Im Vergleich zwischen subjektiver und objektiver Betrachtungsweise ist festzustellen, dass in der von den Beschäftigten vorgenommenen Einschätzung der Zeitanteile für belastende Körperhaltungen (Knien und Bücken) die Zeitanteile fast doppelt so hoch angegeben werden als beobachtet. Hingegen wurden Hebe- und Tragetätigkeiten vergleichsweise realistisch eingeschätzt, teilweise in der Zeitdauer sogar unterschätzt.

4. Diskussion

Im Hinblick auf Belastungen des Muskel-Skelett-Systems sollte in dem betrachteten Tätigkeitsumfeld ein besonderes Augenmerk auf die Gruppe der Maurer, Schweißer, Kanalinspektoren und Sinkkästenreiniger gelegt werden. Zwar existieren bereits technische Hilfsmittel (z.B. zum Anheben von Kanaldeckeln) jedoch sind diese nicht in jedem Fall (z.B. in engen Straßen) anwendbar. Sofern diese Belastungen nicht durch technische Maßnahmen reduzierbar sind, könnten organisatorische (z.B. Heben und Tragen zu zweit) und individuelle Maßnahmen, wie z.B. gezielter Muskelaufbau durch Training empfohlen werden. Der Anteil kniender Tätigkeiten könnte insbesondere bei den Schweißern dadurch reduziert werden, dass mehr Vorfertigung in der Werkstatt (und somit unter ergonomisch günstigeren Bedingungen) stattfindet und auf Baustellen nur notwendige Schweißarbeiten durchgeführt werden. Eine mobile Sitzgelegenheit könnte zudem den Zeitanteil von Knien reduzieren.

Die relativ geringe Responserate geht möglicherweise auf die Teilnahme der Beschäftigten zurück, die besonders häufig bzw. stark Beschwerden haben. Die Ergebnisse können dennoch als Indiz für eine hohe Prävalenz von Knie- und LWS-Beschwerden bei Beschäftigten im Kanal- und Rohrnetzbetrieb gewertet werden. Arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen sollten u.a. einen Schwerpunkt auf diese Körperregionen legen (z.B. G 46). Im Hinblick auf die gelenkbelastenden Tätigkeiten ist der im vorliegenden Kollektiv dokumentierte hohe BMI (= Risikofaktor für Gonarthrose) als problematisch zu bezeichnen. Neben technischen und organisatorischen Maßnahmen zur Verringerung von körperlichen Belastungen sollten die Beschäftigten zur Prävention möglicher Beschwerden auch zur Reduktion des Körpergewichts motiviert und begleitet werden. Die vorliegenden Ergebnisse dokumentieren anschaulich, dass bei der Ermittlung von Belastungen immer von einer Abweichung zwischen „gefühlter“ und „tatsächlicher“ Belastung auszugehen ist, die je nach betrachtetem Merkmal sehr unterschiedlich ausgeprägt sein kann.

5. Literatur

1. Gebhardt, H., Klußmann, A., Dolfen, P., Rieger, M.A., Liebers, F. & Müller, B.H. 2006, Beschwerden und Erkrankungen der oberen Extremitäten an Bildschirmarbeitsplätzen. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW.
2. Lemke-Goliasch, P. 2005, Handlungsleitfaden für das betriebliche Gesundheitsmanagement in Entsorgungsunternehmen, INQA Bericht 6. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW.

Die vorliegenden Daten wurden im Rahmen des BAuA-Forschungsprojektes F 2096 ‚Fall-Kontroll-Studie zur Bewertung von beruflichen Faktoren im Zusammenhang mit Kniegelenksarthrosen‘ erhoben.

Analyse der Körperhaltungen von Chirurgen bei endoskopischen urologischen Operationen

Alwin LUTTMANN, Ute VON HOERNER, Matthias JÄGER und Jürgen SÖKELAND

*Institut für Arbeitsphysiologie an der Universität Dortmund,
Ardeystraße 67, D-44139 Dortmund*

Kurzfassung: Zur Erfassung der Körperhaltung von Chirurgen wurden im Operationssaal Videoaufnahmen während ganzer endoskopischer Operationen durchgeführt und nachträglich ausgewertet. Zur Erfassung der Körperhaltung wurde mit einem neuentwickelten Codierungsschema eine Klassierung der Stellungen der Körpersegmente im Oberkörperbereich vorgenommen. Der Vergleich verschiedener Operationsmethoden (Direkt-Endoskopie und Monitor-Endoskopie) zeigt einen geringeren Anteil ungünstiger Körperhaltungen bei Nutzung des Videosystems zur Überwachung des Operationsfeldes.

Schlüsselwörter: Körperhaltung, Chirurgie, Direkt-Endoskopie, Monitor-Endoskopie.

1. Einleitung

In der Medizin findet zur Zeit bei chirurgischen Eingriffen ein Wandel von „offenen“ zu „minimal-invasiven“ Operationsmethoden statt. Die Überwachung des Operationsfeldes erfolgt dabei mit einem Endoskop, das über kleine Öffnungen in das Innere des Körpers eingeführt wird. Diese Technik hat für die Patienten den Vorteil einer geringen Gewebsverletzung; für die Operateure ist sie jedoch häufig mit speziellen, teilweise ungünstigen Körperhaltungen verbunden. Das Ziel dieser Analyse ist die quantitative Körperhaltungserfassung von Operateuren bei chirurgischen Eingriffen.

Die Untersuchungen wurden bei urologischen Operationen durchgeführt, bei denen mit Hilfe endoskopischer Operationsinstrumente Prostata- und Blasengewebe entfernt wird. Dazu wird ein sogenanntes Resektoskop, bestehend aus einem stabförmigen Endoskop und einer Drahtschlinge, die gemeinsam in einem Schaft montiert sind, genutzt. Die Abtrennung des Gewebes erfolgt mit Hilfe eines hochfrequenten Wechselstromes, der die Schlinge durchfließt. Das Resektoskop wird normalerweise mit der linken Hand gehalten, mit der rechten Hand wird die Schlinge bewegt.

Die Untersuchungen erfolgten vor und nach einer ergonomischen Umgestaltung der Operationseinrichtung. Vor der Umgestaltung wurde ausschließlich die „Direkt-Endoskopie“ angewendet, bei der das Operationsfeld über ein Endoskop, dessen Okular unmittelbaren Augenkontakt hat, überwacht wird. Nach der Umgestaltung wurde zur Kontrolle des Operationsgebietes überwiegend die „Monitor-Endoskopie“ mit einer auf das Endoskop aufgesetzten Videokamera und einem Monitor genutzt.

2. Methode

Die Körperhaltungsanalysen wurden für 10 Operationen mit Direkt-Endoskopie und 9 Operationen mit Monitor-Endoskopie ausgeführt. Die Operationsdauer lag zwischen 15 und 79 min (Mittelwert: 40 min). Die Haltung der Operateure wurde wäh-

rend der Operationen mit einem Videosystem dokumentiert und nachträglich ausgewertet. Dabei wurden die zeitlichen Verläufe der auftretenden Winkelstellungen insbesondere von Kopf, Rumpf, Schultern und Armen durch einen Beobachter abgeschätzt und nach Verfahren der Literatur (OWAS: Stoffert 1985; ISO 11226) sowie einem neuentwickelten spezifischen Verfahren in Klassen eingeteilt. Das neue Klassierungsschema erwies sich als notwendig, da sich die Verfahren der Literatur hinsichtlich der berücksichtigten Körpersegmente und der Differenzierung unterschiedlicher Winkelstellungen als nicht ausreichend erwiesen haben. Das neue Schema lehnt sich an ein Codierungssystem von Jäger et al. (2000) an: Es hat 26 Positionen zur Beschreibung der Segmentstellungen insbesondere im Oberkörperbereich und ist vor allem für die Untersuchung feinmotorischer Tätigkeiten geeignet. Für die Anwendung auf die Operationstätigkeit wurde eine Vereinfachung auf 17 Positionen vorgenommen (vgl. Tabelle 1).

Tabelle 1: Klassierungsschema zur Beschreibung von Körpersegmentstellungen bei feinmotorischen Tätigkeiten – hier zur Verwendung bei endoskopischen Operationstätigkeiten

Position	Bezeichnung	Bereich	Klassen
1	Rumpfneigung nach vorne / hinten	> 60° nach vorne bis > 20° nach hinten	7
2	Rumpfneigung zur Seite	> 40° nach rechts bis > 40° nach links	7
3	Rumpfdrehung	> 20° nach rechts bis > 20° nach links	5
4	Hohlkreuz	ja / nein	2
5	Unterstützung des Rumpfes	ja / nein	2
6	Kopfneigung nach vorne / hinten	> 20° nach vorne bis > 10° nach hinten	5
7	Kopfneigung zur Seite	> 20° nach rechts bis > 20° nach links	5
8	Kopfdrehung	> 20° nach rechts bis > 20° nach links	5
9	Unterstützung des Kopfes	ja / nein	2
10	Hebung rechte Schulter	ja / nein	2
11	Vorwärts- / Rückwärtswendung rechter Arm	nach vorne / ohne / nach hinten	3
12	Hebung rechter Oberarm	um 0° bis über Schulter- höhe	5
13	Hebung rechter Unterarm	> 20° nach unten bis > 20° nach oben	5
14	Beugung rechter Ellenbogen	um 0° bis > 90°	5
15	Unterstützung rechter Arm	ja / nein	2
16	Haltung untere Körperteile	Sitzen / Stehen	2
17	Blickrichtung bei Monitorendoskopie	Monitor, Endoskop, Sonstiges	3

Auf die Erfassung von Schulter, Arm und Hand der linken Körperseite wurde dabei verzichtet, da für diese – bedingt durch das Halten des Resektors mit der linken Hand – weitgehend konstante Stellungen vorlagen. Tabelle 1 zeigt eine Übersicht der berücksichtigten Körpersegmente mit den jeweiligen Stellungen und Winkelbereichen sowie der Anzahl der vorgesehenen Klassen.

3. Ergebnisse

Der Vergleich der Ergebnisse für die beiden Operationsmethoden zeigt, dass die zeitlichen Anteile an der Operationsdauer mit deutlicher Rumpfneigung nach vorn, Kopfneigung nach vorn und zur Seite sowie Hebung der Schultern und Oberarme bei der Direkt-Endoskopie größer sind als bei der Monitor-Endoskopie. Dazu sind in der Abbildung 1 und 2 exemplarisch die Ergebnisse für die Rumpf- und Kopfneigung in Richtung der Körpermittenebene – entsprechend den Positionen 1 und 6 des Klassierungsschemas – für die beiden Operationsmethoden wiedergegeben.

In der Abbildung 1 ist die Häufigkeitsverteilung der Rumpfneigung nach vorne bzw. hinten dargestellt. Der Vergleich verdeutlicht, dass bei der Monitor-Endoskopie der größte Zeitanteil in der Klasse „um 0°“ und bei der Direkt-Endoskopie bei „0° bis 20°“ liegt. Außerdem zeigt sich bei der Direkt-Endoskopie noch ein Zeitanteil von etwa 10% mit einer deutlichen Vorneigung von „20° bis 40°“.

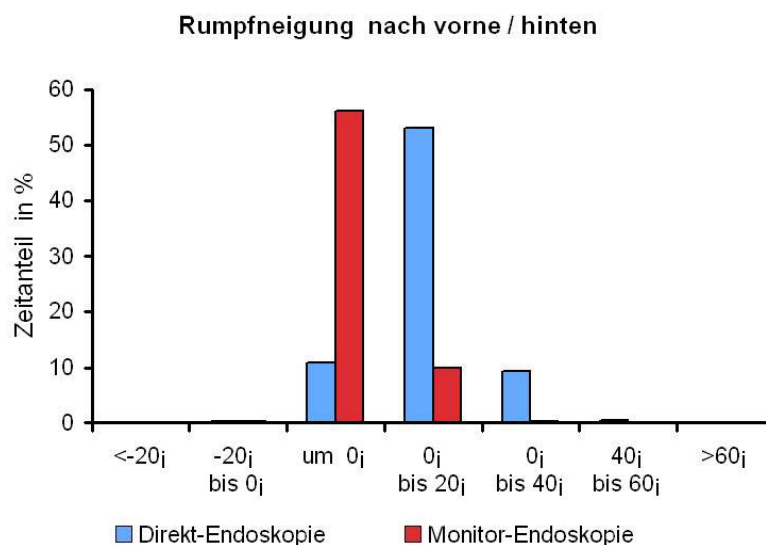


Abbildung 1: Mittlere Zeitanteile an der Operationsdauer mit unterschiedlicher Rumpfneigung; positive Winkel = Vorneigung, negative Winkel = Rückneigung

Abbildung 2 zeigt die Häufigkeitsverteilung der Kopfneigung nach vorne bzw. hinten. Das Maximum liegt bei der Direkt-Endoskopie bei „0° bis 20°“, bei der Monitor-Endoskopie wurden geringere Vorneigungen „um 0°“ und Rückneigungen zwischen „-10° bis 0°“ gefunden. Derartige Kopfhaltungen mit Blickrichtung noch oben resultieren aus einer vergleichsweise hohen Positionierung des Monitors oberhalb des Patienten, durch die ein unbehinderter Zugang zum Patienten gewährleistet ist.

Bei der Neugestaltung der Operationseinrichtung wurde anstelle eines Hockers ohne Möglichkeit zur Entlastung des Rückens und der Arme ein Stuhl mit Rückenlehne und Armstützen eingeführt. Danach wurde eine Abstützung des Rückens (Position 5 in Tabelle 1) während etwa eines Drittels der Operationsdauer gefunden.

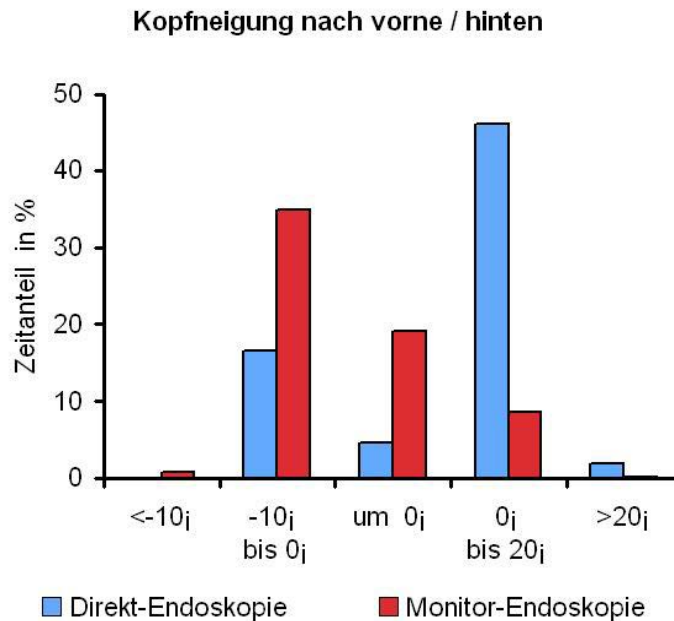


Abbildung 2: Mittlere Zeitanteile an der Operationsdauer mit unterschiedlicher Kopfneigung; positive Winkel = Vorneigung, negative Winkel = Rückneigung

Die Dauer der Abstützung des rechten Armes (Position 15 in Tabelle 1) ist mit 3% der Operationsdauer erwartungsgemäß gering, da die Drahtschlinge zur Gewebeabtrennung mit der rechten Hand geführt wird und dementsprechend eine hohe Beweglichkeit des rechten Armes nötig ist. Für die linke Armstütze ist eine erheblich höhere Nutzungsdauer anzunehmen, sie wurde in dieser Studie nicht quantitativ untersucht.

Insgesamt ergibt sich, dass der Anteil der Operationsdauer mit günstigeren Körperhaltungen nach der Neugestaltung insbesondere wegen der Nutzung der Videoeinrichtung höher ist als vor der Umgestaltung mit ausschließlicher Verwendung der Direkt-Endoskopie. Dieser Befund wird durch frühere elektromyographische Untersuchungen gestützt, bei denen bei der Monitor-Endoskopie eine deutlich geringere Muskelaktivität im Schulter- und Rückenbereich als bei der Direktsicht-Endoskopie festgestellt wurde (Luttmann et al. 1996a,b). Weiterhin ist der Anteil der Operationen mit Ermüdung in der Schultermuskulatur herabgesetzt (Luttmann et al. 2002).

4. Literatur

1. ISO 11226: 2000, Ergonomics – Evaluation of static working postures. Geneve: International Organization for Standardization.
2. Jäger, M., Jordan, C., Luttmann, A., Laurig, W. & DOLLY Group 2000, Evaluation and assessment of lumbar load during total shifts for occupational manual materials handling jobs within the Dortmund Lumbar Load Study – DOLLY, International Journal of Industrial Ergonomics, 25, 553-571.
3. Luttmann, A., Sökeland, J. & Laurig, W. 1996a, Electromyographical study on surgeons in urology, Part I: Influence of the operating technique on muscular strain, Ergonomics, 39, 285-297.
4. Luttmann, A., Jäger, M., Sökeland, J. & Laurig, W. 1996b, Electromyographical study on surgeons in urology, Part II: Determination of muscular fatigue, Ergonomics, 39, 298-313.
5. Luttmann, A., Sökeland, J., Jäger, M. & Laurig, W. 2002, Arbeitsgestaltung im urologischen Operationsaal. In: G. Caffier, F. Kössler & P. Ullsperger, 75 Jahre multidisziplinäre Arbeitsmedizin in Berlin: Arbeitsphysiologie im Wandel, Sonderschrift S70. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW, 120-138.
6. Stoffert, G. 1985. Analyse und Einstufung von Körperhaltungen bei der Arbeit nach der OWAS-Methode, Zeitschrift für Arbeitswissenschaft, 39, 31-38.

Die Daimler ErgonomieCheckliste

Karlheinz SCHAUB¹, Ralph BRUDER¹, Manfred BECK², Werner FRÖLICH²
und Alexander GÄRTNER²

¹ *Institut für Arbeitswissenschaft, Technische Universität Darmstadt,
Petersenstr. 30, D-64287 Darmstadt*

² *Daimler AG, Mercedes-Benz Werk Sindelfingen*

Kurzfassung: In Kooperation zwischen der Daimler AG und dem IAD (Institut für Arbeitswissenschaft der TU Darmstadt) entstand die Ergonomische Arbeitsplatz Beurteilung (EAB) als konzernübergreifendes Werkzeug zur ergonomischen Arbeitsgestaltung. Der Bedarf aus der betrieblichen Praxis, komplette Linien im Werk Sindelfingen zu analysieren, führten zu dem Wunsch, ein EAB kompatibles Werkzeug als vereinfachte Papier- und Bleistiftversion zur Verfügung zu haben. In mehreren Workshops mit den beteiligten Fertigungsplanern entstand so die Daimler ErgonomieCheckliste.

Schlüsselwörter: EAB, Risikoanalyse, Produktionssystem, physische Belastung.

1. Einleitung

Vor mehr als 10 Jahren begann die Daimler AG mit der Entwicklung von EAB (Ergonomische Arbeitsplatz Beurteilung), um in der Produktion, aber auch im Produktentstehungsprozess ergonomiegerechte Arbeitsplätze zu gestalten. Die Entwicklung von EAB erfolgte in enger Kooperation mit dem IAD und beschränkte sich im Wesentlichen auf die Bewertung körperlicher Belastungen. EAB widmete sich vorrangig den Belastungsschwerpunkten Körperhaltung, Kraftausübung und Handhaben von Lasten. Die Bewertung der drei Belastungsschwerpunkte erfolgte unabhängig voneinander und basierte auf traditionellen Verfahren. Körperhaltungen wurden auf der Basis von SAK (System zur Analyse von Körperhaltungen; Oelker & Mnich 1996) bewertet. Kraftausübungen wurden nach den Verfahren von Burandt (1978) und Schultetus (1987) bewertet. Analoges gilt für das Handhaben von Lasten, das zusätzlich auch nach dem NIOSH Verfahren (Waters et al. 1993) analysiert werden konnte. Alle Verfahren standen als Softwarepaket zur Verfügung und wurden in einer groß angelegten Schulungskampagne in den Ergonomieabteilungen mehrerer Standorte intensiv trainiert. Zusätzlich wurde in den Schulungen ein breit angelegtes ergonomisches Grundlagenwissen vermittelt.

2. Die Daimler ErgonomieCheckliste

Die Daimler ErgonomieCheckliste entstammt dem Bedarf aus der betrieblichen Praxis, im Mercedes-Benz Werk Sindelfingen komplette Montagelinien bezüglich ihrer ergonomischen Gestaltungsgüte zu analysieren. Da aufgrund des komplexen Methodeninventars EAB für den selektiven Einsatz an ausgewählten Arbeitsplätzen konzipiert war, hätte der zeitliche Aufwand für flächendeckende EAB Analysen zu einem unverhältnismäßig hohen Zeitaufwand geführt. So entstand der Wunsch der für die Ergonomieanalysen zuständigen Verbesserungsmanager/Fertigungsplaner, ein

EAB kompatibles Werkzeug als vereinfachte Papier- und Bleistiftversion zur Verfügung zu haben. In mehreren Workshops mit den beteiligten Fertigungsplanern und dem Fachbereich „Health & Safety“ entstand so die Daimler ErgonomieCheckliste.

2.1 Struktur und Aufbau


Für den Einsatz in der PKW-Montage konzipiert, beschränkt sich die Daimler ErgonomieCheckliste auf die Bewertung von Körperhaltungen mit geringem äußeren Kraftaufwand (<30-40N oder 3-4kg), das Ausüben von Aktionskräften und das Handhaben von Lasten. Repetitive Belastungen der oberen Extremitäten werden aufgrund fehlender Relevanz nicht betrachtet.

Die ErgonomieCheckliste ist als zweiseitige Papier- und Bleistiftversion sowie als Excel-Lösung verfügbar. Die in den folgenden Abbildungen (vgl. Abb. 1 und 2) gezeigten Ausschnitte sind Entwicklungsversionen und erfordern in Teilbereichen noch Überarbeitungen.

Arbeitsplatz/Prozess (Nr./Beschreibung):				Station:				<input type="checkbox"/> PPG-Thema <input type="checkbox"/> Ablauf-Thema für <input type="checkbox"/> Stabeg <input type="checkbox"/> Ergonomieworkshop Invest <input type="checkbox"/> hoch (ab 5000€) <input type="checkbox"/> niedrig (bis 5000€) Umsetzung <input type="checkbox"/> kurzfristig (bis 4 Wochen) <input type="checkbox"/> langfristig (ab 4 Wochen)					
Name des Prüfers:		Band:		Datum:									
Name:		Abt./Kst.:		Mstr.:									
Bauteile (Bezeichnung; Gewicht, Eindrückkräfte):													
Werkzeuge (Bezeichnung; Gewicht, Kräfte, Momente, etc.):													
Analyseergebnis (für Taktzeiten von 0,5 bis 2 Minuten)													
	Total	=	Haltung	+	Kraft / RSI	+	Lasten	+	Extra				
		=		+		+		+					
Ergo Check- liste	0-25 Punkte		Niedriges Risiko - empfehlenswert; Maßnahmen nicht erforderlich										
	26-50 Punkte		Mögliches Risiko - nicht empfehlenswert; Maßnahmen zur Gestaltung / Risikobeherrschung ergreifen										
	>50 Punkte		Hohes Risiko - vermeiden; Maßnahmen zur Risikobeherrschung erforderlich										
Körperstellung sowie Rumpf- / Armhaltungen (inklusive Gewicht von 3-4 kg oder Aktionskraft von 30-40N)				Taktzeit = 70 [sec]									
				Zeitdauern für statische Rumpf- / Armhaltungen / -bewegungen									
				[%]				5 10 20 33 50 67 83 100					
Stehen				[sek/Takt]				4 7 14 23 35 47 58 70					
1				aufrecht, leicht vorgeneigt, leicht zurückgeneigt				6 6 6 6 6 19 25					
2				nach vorn gebeugt (20-60°)				7 8 10 11 14 28 36					
				dto. mit geeigneter Abstützung				7 7 8 8 9 23 30					
3				stark nach vorn gebeugt >60°				10 13 18 24 32 52 65					
				dto. mit geeigneter Abstützung				8 10 13 16 20 37 47					
4				aufrecht; Arme über Kopfhöhe				10 13 18 24 32 52 65					
Sitzen													
10				Arme auf / über Schulterhöhe				11 17 24 35 46 70 88					
1) 0 keine Drehung / Neigung zu keiner Zeit 15 maximale Drehung / Neigung zu 2/3 der Taktzeit und mehr				2) 0 körpfernah zu jeder Zeit 15 gestreckte Arme zu 2/3 der Taktzeit und mehr									
								Σ Σ(max=15) Σ(max=15) Σ(max=10)					
Haltung = Σ Zeilen 1 - 11				Achtung: Maximale Einstufungsdauer = Taktzeit!				Σ					
Verletzungsgefahr (sofortige Maßnahmen erforderlich); Anmerkungen													

Abbildung 1: Ausschnitt aus der Vorderseite der Daimler ErgonomieCheckliste zur Bewertung von Körperhaltungen

Kräfte / zusätzliche Belastungen pro Takt = 70 [sec]												Kraft- / RSI	
12	Gelenkstellung, bes. Handgelenk	Zeitpunkte [sec]	0	1	2	3	4	5	6	7	8	Zeit / Anzahl x Stellung	Σ
		Anzahl	0	3	7	16	24	32	40	50	60	Einzeleinstufungen:	
		Stellungspunkte geschätzt	0	1	2	3	4	5	6	7	8	X	
			neutral	~1/2 max.	~2/3 maximal	maximal							
13	Fingerkräfte (z.B. Clipse, Stecker)	Zeitpunkte [sec]	5	6	7	8	10	12	14	15	16	Zeit / Anzahl x Kraft	Σ
		n	0	12	20	21	24	26	28	29	30	Einzeleinstufungen:	
		Kraftpunkte [N]	0	1	2	3	4	5	6	7	8	X	
14	Arm-, Ganzkörperkräfte, (keine Lasten)	Zeitpunkte [sec]	5	6	7	8	9	10	11	12	13	Zeit / Anzahl x Kraft	Σ
		n	0	3,5	7	10,5	14	17,5	21,6	24,5	28	Einzeleinstufungen:	
		Kraftpunkte [N]	0	1,17	2,33	3,5	4,67	5,83	7	8,17	9,33	X	
15	Schwingungen, Rückschlagkräfte, Impulse,	Anzahlpunkte	0	1	2	3	4	5	6	7	8	Anzahl x Intensität	Σ
		n	0	1	4	7	10	13	16	18	>20	Einzeleinstufungen:	
		Intensitätspunkte geschätzt	0	1	2	3	4	5	6	7	8	X	
			gering	sichtbar	stark	sehr stark							
Kraft/RSI = Σ Zeilen 12 - 15			Achtung: Maximale Einstufungshöhen beachten									Σ	

Manuelles Handhaben von Lasten pro Takt = 70 [sec]												Lasten
16	Lastgewichte [kg] beim Umsetzen, Halten und Tragen sowie Lastgewichte beim Ziehen und Schieben von Lasten											
	Umsetzen, Halten und Tragen			2	5	7	10	12	15	20	25	> 25
	Lastenpunkte			1	1,5	2	3	4	5,5	7	8,5	25
(A	Ziehen und Schieben	Betätigungskräfte beim Ziehen / Schieben messen und analog wie Umsetzen, Halten und Tragen berücksichtigen										
+ B	Körperhaltung, Position der Last (repräsentative Haltung wählen, ggfls. Durchschnitt mehrer Haltungen rechnen)											
												
	<ul style="list-style-type: none">• Oberkörper aufrecht und nicht verdreht• Last am Körper• geringes Rumpfneigen oder Rumpfdrehen• Last am Körper oder• tiefes Beugen oder weites Vorneigen• geringe Vorneigung mit gleichzeitigem Verdrehen des Oberkörpers• Last körperfern oder über Schulter• weites Vorneigen und Verdrehen• Last körperfern• eingeschränkte Haltungsverstabilität im Stehen, Hocken oder Knien											
	Haltungspunkte	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12
x C	Häufigkeit oder Dauer der Lastenhandhabung [Anzahl/Takt], Haltezeit [min/Takt] oder Wegstrecke [Meter/Takt]											
	Anzahl Umsetzvorgänge / Schieben & Ziehen <5m						1	1	2	2		>5
	Zeit (Haltezeit unter Last) [sec]					5	9	13	18	26		>35
	Weg (Tragen, Ziehen & Schieben > 5m) [m]					6	6	15	22	29		>39
	Anzahl-, Zeit- oder Wegpunkte	1	2	3	4	5	6	7	8	10	12	
=	(A + B) x C =											
	Umsetzen ¹⁾ (< 5 s)	()	+						
	Halten ⁴⁾ (> 5 s)	()	+						
16a	Tragen ⁴⁾ (> 5 m)	()	+						
	Ziehen & Schieben ¹⁾	()	+						
	Summe Zeitwichtungen											= max. 12!
Lasten = Σ Zeile 16a		Umsetzen	Halten	Tragen	Ziehen							=

Extrapunkte						
Punkte	3	5	8	10	12	15
Zugänglichkeit, Behinderungen im Prozess max. 10 gesamt	Operationen im Fußraum	Hindernisse im Bewegungsalaut, Blindmontage < ½ Takt	Einstieg in Innenraum	Blindmontage > ½ Takt		
Andere körperliche Belastungen max. 15 gesamt	Sitzen auf unebenen Flächen	Laufen auf Gitterrosten, Arbeiten im Schutzanzug	Sitzen auf schiefer Ebene	Häufiges Auf-/ Absteigen	Überkopfkontrolle (Nackenbelastung) < ½ Takt	Überkopfkontrolle (Nackenbelastung) > ½ Takt
Beeinträchtigung durch Mitlaufen am Band max. 15 gesamt	Rück-/seitwärts Mitlaufen weniger Schritte (>2)		Rück-/seitwärts Mitlaufen mehrerer Schritte			Rück-/seitwärts Mitlaufen vieler Schritte; Mitlaufen im Hocken, ständig rück-/ seitwärts laufen

Abbildung 2: Ausschnitt aus der Rückseite der Daimler ErgonomieCheckliste zur Bewertung von Aktionskräften, Lastenhandhabungen und zusätzlichen körperlichen Belastungen

Die ErgonomieCheckliste wurde im Rahmen mehrerer Workshops in enger Kooperation mit den beteiligten Fertigungsplanern entwickelt. In Trainings wurde der Umgang mit dem Werkzeug sowohl anhand von Videomaterial, als auch bei direkten Einstufungen an der Linie geübt. Darüber hinaus wurde ergonomisches Grundlagenwissen vermittelt.

2.2 Die Ergonomielandkarte

Der flächendeckende Einsatz der Daimler ErgonomieCheckliste dient dem Erstellen

von Ergonomielandkarten. Sie schaffen einen guten Überblick über die ergonomische Gestaltungsgüte der analysierten Montagebereiche und geben Hinweise über den Handlungsbedarf bezüglich ergonomischer Verbesserungen.

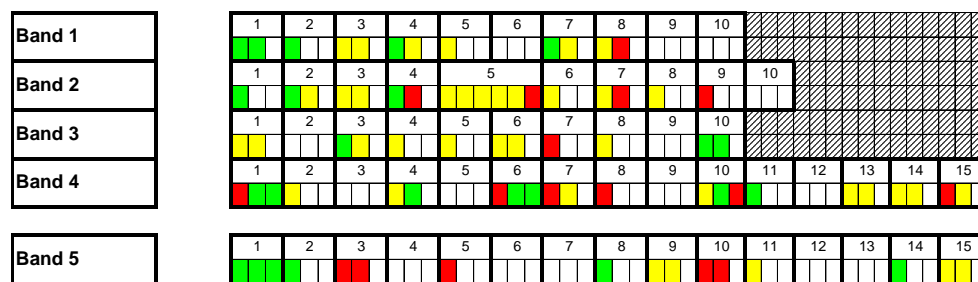


Abbildung 3: Ausschnitt aus einer Ergonomielandkarte. Im rechten Teil befindet sich die Bewertung der einzelnen Stationen. Je Station sind bezogen auf die Arbeitsinhalte der eingesetzten Mitarbeiter Analysen hinterlegt. Beim Anklicken der farblich kodierten Bewertungen öffnet sich das zugehörige EXCEL sheet

3. Verknüpfung von Daimler ErgonomieCheckliste und EAB

Die eben skizzierte Daimler ErgonomieCheckliste wird kompatibel sein zur neuen EAB Version 3.0. Gegenüber der ersten EAB Version stellt sie ein zweistufiges Verfahren dar, in dem zunächst anhand einfacher Fragen abgeklärt wird, welche Belastungsschwerpunkte einer detaillierten Untersuchung zu unterziehen sind.

Die EAB Detailanalysen werden an den aktuellen Stand der Wissenschaft angepasst und berücksichtigen die Forderungen einschlägiger EU-Richtlinien. Sie sind kompatibel mit den Leitmerkmalmethoden der BAuA (Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin) sowie einschlägigen Bewertungsverfahren des IAD zu körperlichen Belastungen (Schaub 2004).

EAB und Daimler ErgonomieCheckliste sind abgestimmt mit dem in der Daimler AG eingesetzten Verfahren zur Bewertung von „Muskelbelastungen“ im Rahmen von ERA sowie mit IAD-BkB (Bewertung von körperlicher Belastung; Ahmadi und Schaub 2007), zur Ermittlung von Zulagen für muskuläre Belastungen im Rahmen der Umsetzung des ERA-Tarifvertrags Baden-Württemberg.

4. Literatur

1. Burandt, U. 1978, Ergonomie für Design und Entwicklung. Köln: Schmidt.
2. Ghezal-Ahmadi, K. & Schaub, Kh. 2007, Bewertung der körperlichen Belastungen am Arbeitsplatz mit dem IAD-BkB im Rahmen des ERA – Tarifwerks, Zeitschrift für Arbeitswissenschaft, 61, 255-261.
3. Oelker, K. & Mnich, H. 1996, Ergonomisches Arbeitsplatzkataster - ein System zur Analyse von Körperhaltungen (SAK), Fortschrittliche Betriebsführung – Industrial Engineering, 45, 32-37.
4. Schaub, K. 2004, Bewertung körperlicher Belastungen in der Fahrzeugmontage. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg.), Arbeit + Gesundheit in effizienten Arbeitssystemen. Dortmund: GfA Press, 167 – 170.
5. Schultetus, W. 1987, Montagegestaltung. In: W. Lange & W. Doerken (Hrsg.), Praxis der Ergonomie. Köln: Verlag TÜV Rheinland.
6. 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.

Selbstkontrollanforderungen als spezifische Belastungsquelle bei der Arbeit

Klaus-Helmut SCHMIDT, Barbara NEUBACH und Stefan DIESTEL

*Institut für Arbeitsphysiologie an der Universität Dortmund,
Ardeystraße 67, D-44139 Dortmund*

Kurzfassung: Experimentelle Beobachtungen aus der Grundlagenforschung weisen darauf hin, dass das Bewältigen von Selbstkontrollanforderungen mit erheblichen Kosten verbunden ist, die sich sowohl auf der Verhaltens- und Erlebensebene als auch auf physiologischer Ebene manifestieren. In Anlehnung an diese Beobachtungen wurden in der vorliegenden Felduntersuchung bei 551 Beschäftigten einer Landesverwaltung drei Formen von arbeitsbezogenen Selbstkontrollanforderungen (Impulskontrolle, Ablenkungen widerstehen, innere Widerstände überwinden) erhoben und in ihren Beanspruchungswirkungen mit den seit langem bekannten Beanspruchungswirkungen von Facetten der Rollenambiguität verglichen. Die Ergebnisse belegen, dass nach Kontrolle von biografischen Hintergrundvariablen und nach Kontrolle der Ambiguitätsfacetten die berücksichtigten Selbstkontrollanforderungen signifikante zusätzliche Varianzanteile der Arbeitsbeanspruchung aufklären. Von allen Selbstkontrollanforderungen gehen zudem eigenständige Einflüsse auf Indikatoren der Arbeitsbeanspruchung aus.

Schlüsselwörter: Selbstkontrollanforderungen, Rollenambiguität, Indikatoren der Arbeitsbeanspruchung.

1. Einleitung

Mit dem häufig beschriebenen Wandel der Arbeitswelt gehen gravierende Verschiebungen der Arbeitsanforderungen einher, die sich z. B. in erhöhter Flexibilität in der Anpassung an technologische Innovationen und veränderte Kundenbedürfnisse oder zunehmender Selbstorganisation der eigenen Arbeit bei gleichzeitiger Abnahme hierarchischer Kontrolle manifestieren. Derartige Anforderungen können nicht durch den Einsatz von starren und automatisierten Verhaltensroutinen bewältigt werden. Ihre Bewältigung setzt vielmehr eine flexible Selbstkontrolle des eigenen Verhaltens voraus. Selbstkontrolle ist z. B. dann notwendig, wenn gewohnheitsmäßige, spontane Verhaltenstendenzen zu Gunsten zielorientiertem Verhalten unterdrückt, zielbezogene Handlungen gegenüber ablenkenden Ereignissen abgeschirmt oder spontan auftretende Emotionen zu Gunsten kundenorientierter Emotionen gehemmt werden müssen.

Beobachtungen aus der Grundlagenforschung belegen, dass das Bewältigen von Selbstkontrollanforderungen mit erheblichen psychischen und physiologischen Kosten einhergeht. Personen, die z. B. instruiert wurden, ihr Verhalten und ihre Emotionen entsprechend vorgegebener Standards zu kontrollieren, zeigten bei nachfolgenden Aufgaben, die ebenfalls Selbstkontrollanforderungen stellten, geringere Leistungen sowie höhere Ermüdungs- und Arousalzustände als Personen, die zuvor keine Selbstkontrollanforderungen zu bewältigen hatten (siehe z. B. Muraven & Baumeister

2000).

Zur felddauglichen Analyse derartiger Selbstkontrollanforderungen in Arbeitskontexten haben Neubach & Schmidt (2006, 2007) ein Fragebogenverfahren entwickelt, das die trennscharfe Erfassung von drei Formen arbeitsbezogener Selbstkontrollanforderungen erlaubt. Die erste Skala „Impulskontrolle“ bildet mit sechs Items Anforderungen an die Kontrolle spontaner, impulsiver Reaktionstendenzen und der hiermit assoziierten Emotionen ab, die sich z. B. in Zuständen der Gereiztheit, der Ungeduld oder in unbedachten affektgeleiteten sprachlichen Äußerungen manifestieren. Die zweite Skala „Ablenkungen widerstehen“ erfasst mit vier Items das Ausmaß, indem die erfolgreiche Aufgabenerledigung es erfordert, aufgabenirrelevante Reize zu ignorieren bzw. auszublenden. Schließlich spiegelt die Skala „Überwinden innerer Widerstände“ mit fünf Items Anforderungen an das Überwinden von Unlustzuständen oder inneren Hemmungen wider, die die Aufgabenbearbeitung erschweren bzw. verzögern. Selbstkontrolle ist erforderlich, um diese antriebsregulatorischen Defizite zu kompensieren.

Die vorliegende Untersuchung ging der Frage nach, ob und in welchem Ausmaß diese drei Formen von Selbstkontrollanforderungen über klassische Belastungsquellen hinaus zusätzliche bedeutsame Varianzanteile in Indikatoren der Arbeitsbeanspruchung aufklären können. Als klassische Belastungsquellen bei der Arbeit wurden Facetten der Rollenambiguität berücksichtigt, deren Beanspruchungswirkungen empirisch gut belegt sind.

2. Methode

An der Untersuchung nahmen 551 Beschäftigte einer Landesverwaltung teil. Alle Untersuchungsvariablen wurden mittels Fragebogen erhoben. Die Befragung fand in Gruppen „vor Ort“ in den Verwaltungseinheiten während der regulären Arbeitszeit statt. Das durchschnittliche Lebensalter der Personen betrug 40.7 Jahre (SD = 10.15 Jahre). 56.6% waren Frauen; der Anteil der Vollzeitbeschäftigten lag bei 89.3%.

Neben den drei erwähnten Formen von Selbstkontrollanforderungen wurden als weitere Belastungsquellen drei Facetten der Rollenambiguität mit der von Schmidt und Hollmann (1998) vorgelegten deutschsprachigen Fassung des Verfahrens von Breugh und Colihan (1994) erhoben. Das Verfahren erfasst das Ausmaß des Erlebens von Unklarheit in Bezug auf a) die zu erfüllenden Leistungskriterien bei der Arbeit, b) den zeitlichen Arbeitsablauf sowie c) die einzusetzenden Arbeitsmethoden.

Kriteriumsmaße der Arbeitsbeanspruchung waren:

- die Burnout-Dimensionen der emotionalen Erschöpfung und Depersonalisation (nach Maslach & Jackson 1986; in der deutschen Fassung von Büssing & Per-rar 1992),
- ein Maß der Ängstlichkeit (Laux et al. 1981) sowie
- depressive Symptome (Schmitt & Maes 2000).

3. Ergebnisse

Die Überprüfung der Fragestellung erfolgte mit schrittweisen multiplen Regressionsanalysen, die getrennt für jede Kriteriumsvariable der Arbeitsbeanspruchung durchgeführt wurden. In einem ersten Schritt wurden die biografischen Hintergrundvariablen Alter, Geschlecht und Arbeitszeit in den Gleichungsansatz einbezogen. Im

zweiten Schritt wurden die Ambiguitätsfacetten hinzugefügt, bevor im letzten Schritt die Selbstkontrollanforderungen Berücksichtigung fanden. Tabelle 1 fasst beispielhaft die Ergebnisse zur Vorhersage der emotionalen Erschöpfung und der Depersonalisation zusammen.

Tabelle 1: Multiple Regressionsanalysen zur Vorhersage der emotionalen Erschöpfung und der Depersonalisation ($N = 551$. a Geschlecht (1 = weiblich, 2 = männlich); b Arbeitszeit (1 = Teilzeit, 2 = Vollzeit; * $p < .05$. ** $p < .01$)

	Emotionale Erschöpfung			Depersonalisation		
	Schritt 1	Schritt 2	Schritt 3	Schritt1	Schritt2	Schritt3
	β	β	β	β	β	β
1. Alter	-.06	.04	.01	-.14**	-.08*	-.10**
Geschlecht ^a	.09*	.05	.00	.15**	.14**	.10**
Arbeitszeit ^b	.02	.04	.08*	.01	.02	.03
2. Rollenambiguität						
- Leistungskriterien		.05	.04		-.01	-.01
- zeitl. Arbeitsablauf		.14*	.10*		.01	-.02
- Arbeitsmethoden		.30**	.09		.26**	.15**
3. Impulskontrolle			.05			.08*
Ablenkungen widerstehen			.18**			.11**
Überwinden von Widerständen			.37**			.20**
R^2	.01	.21	.42	.05	.13	.23
F	2.26	24.27**	42.93**	9.03**	13.91**	17.56**
ΔR^2		.20	.21		.08	.10
F		22.83**	21.52**		8.29**	7.72**

Tabelle 1 lässt erkennen, dass die im zweiten Regressionsschritt einbezogenen Ambiguitätsfacetten zu einem signifikanten Anstieg der aufgeklärten Varianz sowohl in der Erschöpfung ($\Delta R^2 = .20$) als auch der Depersonalisation ($\Delta R^2 = .08$) beitragen. Das Hinzufügen von Selbstkontrollanforderungen klärt ebenfalls signifikante zusätzliche Varianzanteile in der Erschöpfung ($\Delta R^2 = .21$) und der Depersonalisation ($\Delta R^2 = .10$) auf. Mit Ausnahme des Einflusses der Impulskontrolle auf die Erschöpfung gehen von allen Formen von Selbstkontrollanforderungen signifikante eigenständige Einflüsse auf beide Burnout-Dimensionen aus. Wie die positiven Vorzeichen der entsprechenden Beta-Gewichte belegen, ist ein Anstieg der Selbstkontrollanforderungen mit stärker ausgeprägten Burnout-Symptomen verbunden. Schließlich fällt auf, dass im Vergleich zu den Beta-Gewichten der Ambiguitätsfacetten in Schritt 2, die Beta-Gewichte in Schritt 3 geringer ausfallen und teilweise an Signifikanz einbüßen. Dies weist darauf hin, dass die Beziehung zwischen den Ambiguitätsfacetten und den Burnout-Dimensionen zumindest partiell durch Selbstkontrollprozesse vermittelt wird. In dem (hier nicht dargestellten) Maß der Ängstlichkeit und den depressiven Symptomen spiegeln sich ganz ähnliche Effekte wider. Die Selbstkontrollanforderungen tragen auch in diesen beiden Maßen zu einem signifikanten Anstieg der aufgeklärten Varianz von 18% bzw. 14% bei. Die Veränderungen der Beta-Gewichte der Ambiguitätsfacetten vom zweiten zum dritten Regressionsschritt lassen zudem wieder erkennen, dass Selbstkontrollprozesse einen vermittelnden Einfluss auf die Beziehung zwischen Rollenambiguität und der Arbeitsbeanspruchung ausüben.

4. Diskussion

Angeregt durch neuere theoretische Entwicklungen und empirische Befunde aus der Grundlagenforschung ging die vorliegende Studie der Frage nach, ob und in welchem Ausmaß verschiedene Formen von Selbstkontrollanforderungen auch in Arbeitskontexten eine bedeutsame, eigenständige Belastungsquelle darstellen. Über den Einfluss von Facetten der Rollenambiguität hinaus konnten die berücksichtigten Formen von Selbstkontrollanforderungen zwischen 8% und 21% zusätzliche Beanspruchungsvarianz binden. Dies unterstreicht die praktische Bedeutsamkeit dieser bislang vernachlässigten Belastungsquelle bei der Arbeit (siehe auch Schmidt et al. 2007)

Angesichts der häufig vorhergesagten Ausweitung des Dienstleistungsbereichs kann erwartet werden, dass zunehmend mehr Personen mit Anforderungen an die Selbstkontrolle konfrontiert werden. Aufgabe zukünftiger Forschung dürfte folglich sein, für diese Belastungsquelle geeignete Maßnahmen der Beanspruchungsprävention zu identifizieren. Hierbei wäre z. B. zu prüfen, ob situationsbezogene Ressourcen, wie z. B. Handlungs- und Entscheidungsspielräume oder soziale Unterstützung, auch gegenüber Selbstkontrollanforderungen einen wirksamen Beanspruchungsschutz bieten.

5. Literatur

1. Breugh, J.A. & Colihan, J.P. 1994, Measuring facets of job ambiguity: Construct validity evidence, *Journal of Applied Psychology*, 79, 191-202.
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. Laux, L., Glanzmann, P., Schaffner, P. & Spielberger, C. D. 1981, Das State-Trait Angstinventar. Theoretische Grundlagen und Handanweisung. Weinheim: Beltz.
4. Maslach C. & Jackson, S.E. 1986, Maslach Burnout Inventory Manual, 2nd edition. Palo Alto, CA: Consulting Psychologist Press.
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. 2006, Selbstkontrolle als Arbeitsanforderung - Rekonzeptualisierung und Validierung eines Messinstruments, *Zeitschrift für Arbeits- und Organisationspsychologie*, 50, 103-109.
7. Neubach, B. & Schmidt, K.-H. 2007, Entwicklung und Validierung von Skalen zur Erfassung verschiedener Selbstkontrollanforderungen bei der Arbeit, *Zeitschrift für Arbeitswissenschaft*, 61, 35-45.
8. Schmidt, K.-H., Neubach, B. & Heuer, H. 2007, Self-control demands, cognitive control deficits, and burnout, *Work & Stress*, 21, 142-154.
9. Schmidt, K.-H. & Hollmann, S. 1998, Eine deutschsprachige Skala zur Messung verschiedener Ambiguitätsfacetten bei der Arbeit, *Diagnostica*, 44, 21-29.
10. Schmitt, M. & Maes, J. 2000, Vorschlag zur Vereinfachung des Beck-Depressions-Inventary (BDI), *Diagnostica*, 46, 38-46.

Isometrische Maximalkräfte des Hand-Fingersystems für einen montagespezifischen Kraftatlas

Knut BERG, Jurij WAKULA und Karlheinz SCHAUB

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

Kurzfassung: Statische Maximalkraftwerte des Hand-Fingersystems wurden für 19 realtypische Ausübungsfälle (z.B. Faustschluss, Daumen) bei 272 männlichen Arbeitspersonen in sechs Unternehmen aus der Automobilindustrie gemessen und analysiert. Die Ergebnisse werden im "Montagespezifischen Kraftatlas" dargestellt. Diese können bei der Planung industrieller Arbeitsplätze und bei der Gefährdungsanalyse als quantitative Orientierungsgrundlage dienen.

Schlüsselwörter: Maximale isometrische Hand-Fingerkräfte, realtypische Arbeitshaltungen.

1. Einleitung

In der Literatur sind derzeit Maximalkräfte des Hand-Fingersystems für ausgewählte Arten der Kraftübertragung (z.B. Faustschluss um einen Zylinder, Daumenballenschalter, Daumen gegen Zeigefinger...) bekannt (z.B. Siemens 1978). Leider fehlen hier die Information bezüglich der Prozedur der Kraftdatenermittlung sowie die Beschreibung der untersuchten Kollektive.

Zielsetzungen des vom Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften (HVBG) unterstützten Projektes „Montagespezifischer Kraftatlas“ waren u.a. die Ermittlung maximaler statischer Kraftwerte des Hand-Fingersystems bei industriellen Projektpartnern und im Labor. Die Kraftdaten werden in perzentilierter Form im montagespezifischen Kraftatlas angegeben. Aus den maximalen statischen Kräften werden „empfohlene“ Werte unter Berücksichtigung von tätigkeits- und personenbezogenen Parametern abgeleitet. Dazu wird in Zusammenarbeit mit den Projektpartnern ein geeignetes Verfahren am IAD erarbeitet.

Letzteres soll die mit den bestehenden Grenzkraftverfahren gesammelten Erfahrungen ebenso berücksichtigen, wie neuere Ansätze und Vorgehensweisen insbesondere im Bereich der europäischen und internationalen Normung.

2. Methodik

In der Projektanfangsphase wurde ein Messkonzept für die Erfassung der isometrischen Kraftwerte des Hand-Fingersystems erarbeitet. In Abstimmung mit den Industriepartnern wurden für die Messung acht relevante Kraftfälle ausgewählt: Faustschluss, Handballen, Zangengriffbetätigung, Daumen, Zeigefinger sowie drei Kombinationen von Daumen und Finger (s. Abbildung 1). Die Kräfte wurden sowohl im Stehen als auch im Sitzen erhoben. Bei ausgewählten Messungen wurde die Hand-Arm-Stellung (senkrecht /waagrecht) variiert.

Am IAD wurde eine Software entwickelt, um die Kraftwerte in einer Datenbank abzuspeichern und auszuwerten. Isometrische Hand-Fingerkräfte sowie Ganzkörper-

kräfte wurden bei 272 männlichen Arbeitspersonen (Mittleres Alter: $38,6 \pm 2,8$ Jahre; Körperhöhe: $178,7 \pm 9,9$ cm; mittleres Körpergewicht: $86,4 \pm 7,8$ kg) in sechs Unternehmen (BMW, DC, Ford, MAN, Opel, VW) mit einer Wiederholung gemessen (Wakula et al. 2008).

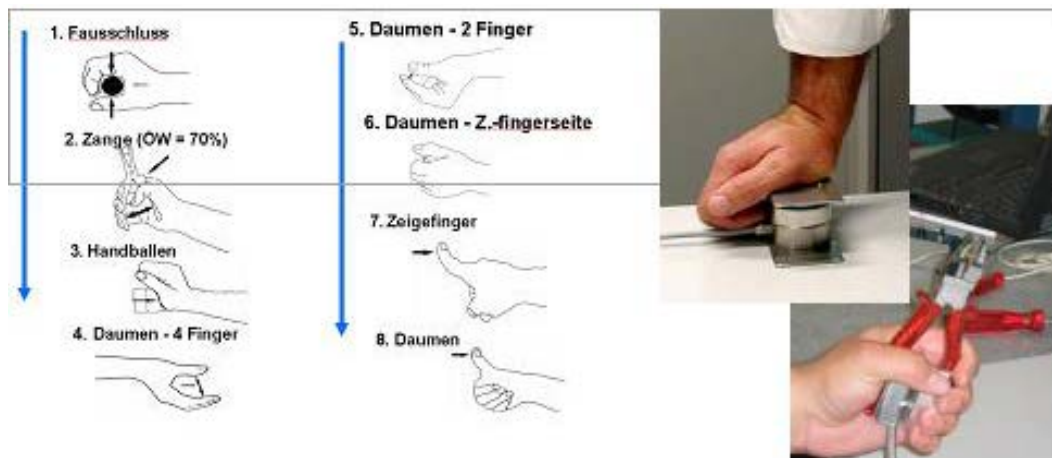


Abbildung 1: Acht relevante Kraftfälle des Hand-Fingersystems und deren Reihenfolge bei den Messungen

In jeder Versuchseinstellung musste die Versuchsperson ihre maximale statische Kraft über eine Zeitdauer von ca. 4 sek. in die geforderte Richtung ausüben. Nach einer Pause von ca. 1,5 Minuten folgte eine nächste Messung, so dass insgesamt von jedem Probanden 38 Maximalkraftausübungen zu erbringen waren. Zwischen den Messungen wurden 2-3 längere Pausen (ca. 10 Minuten) angelegt. Die Dauer für alle Messungen von Ganzkörper und Hand-Fingerkräften betrug mit Pausen ca. 4 Stunden. Die Probanden erschienen zur Messungen jeweils in Gruppen von 5 bis 6 Personen. Die hier vorgestellten Ergebnisse stellen einen Zwischenstand der derzeit noch laufenden Auswertungen dar.

3. Ergebnisse

Der Maximalkraftwert wurde zum Zeitpunkt des Maximums des gleitenden Mittelwertes der Aktionskraft über ein 1,5s-Intervall bestimmt (s. Abbildung 2).

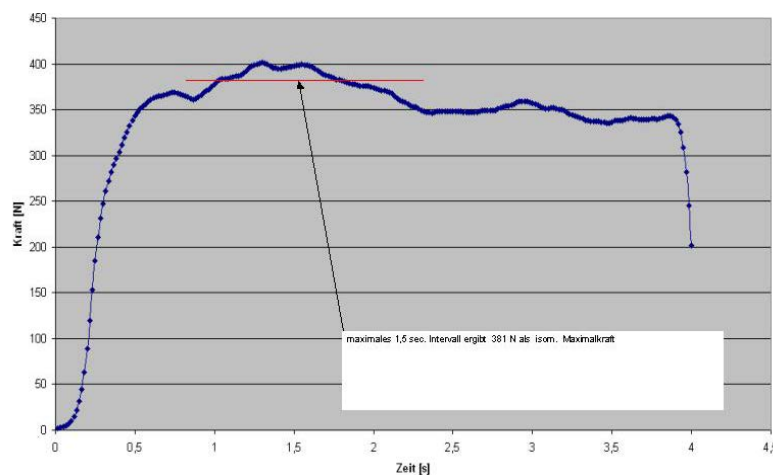


Abbildung 2: Maximums des gleitenden Mittelwertes der Aktionskraft über ein 1,5s-Intervall

Abbildung 3 stellt die Median-Werte der isometrischen Maximalkräfte für rechtes und linkes Hand-Fingersystem dar. Man konnte hier nur geringfügige Unterschiede zwischen rechtem und linkem Hand-Fingersystem erkennen, was den bisherigen Kenntnisstand bestätigt.

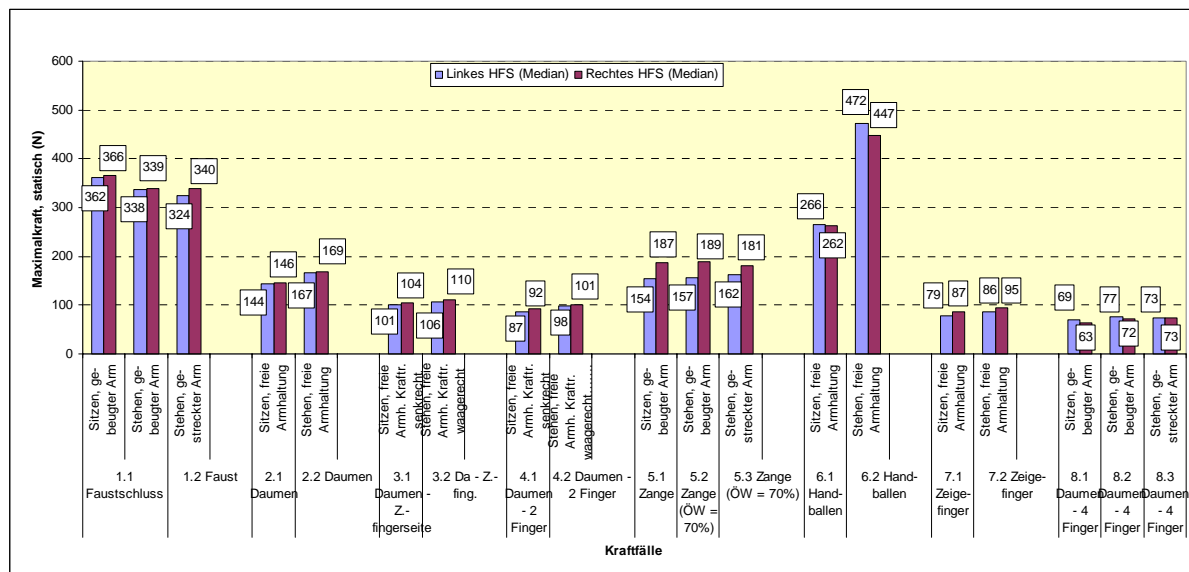


Abbildung 3: Median-Maximalkräfte für rechtes und linkes Hand-Arm-System

In der Abbildung 4 sind beispielhaft die minimalen (5%) und submaximalen (95%) Kraftwerte für das rechte Hand-Fingersystem dargestellt. Die höchsten Kräfte werden bei den Fällen „Faustschluss“, „Zange“ und „Handballen“ gemessen. Es ist anzumerken, dass bei den ersten beiden Fällen die Körperhaltung (stehend oder sitzend) sowie die Armhaltung nur geringen Einfluss haben. Für den Fall „Handballen“ ergab sich ein ganz anderes Bild: im Stehen mit freier Armhaltung wurden fast doppelt so hohe Maximalkräfte gemessen (bis > 1000 N) als im Sitzen. Hier wird der Einfluss des Körpergewichts beim Aufstützen auf den Handballen deutlich.

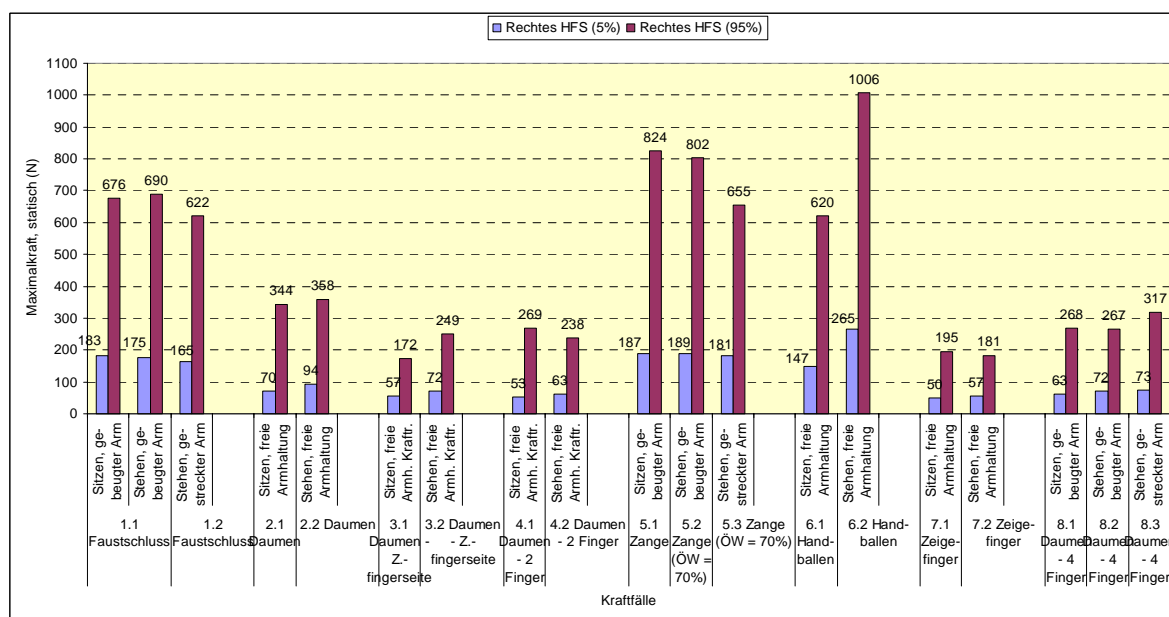


Abbildung 4: Isometrische minimale (5%) und submaximale (95%) Kraftwerte

Die gewonnenen perzentilierten Maximalkraftwerte werden für die analysierten Kraftfälle im montagespezifischen Kraftatlas zusammengefasst und den Industriepartner zur Verfügung gestellt. Nach der weiteren statistischen Auswertung werden gewonnene Ergebnisse hinsichtlich verschiedener Fragestellungen analysiert und dokumentiert.

Statistisch gesicherte isometrische Maximalkraftwerte werden einem Bewertungsverfahren zur Ermittlung von maximal empfohlenen Kraftwerten des Hand-Fingersystems zugeführt.

4. Literatur

1. DIN 33411: 1987, Körperkräfte des Menschen. Teil 4. Maximale statische Aktionskräfte (Isodyn). Berlin: Beuth.
2. Siemens 1978, Anhaltswerte für zulässige Körperkräfte. In: Siemens, Daten und Hinweise zur Arbeitsgestaltung, Siemens firmeninterne Arbeitsunterlage, Kapitel 1. Erlangen: Siemens.
3. Glitsch, U., Ellegast, R., Schaub, Kh. Wakula, J. & Berg, K. 2008, Biomechanische Analyse von Ganzkörperkräften in unterschiedlichen Körperhaltungen. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg.), Produkt- und Produktions-Ergonomie – Aufgabe für Entwickler und Planer. Dortmund: GfA Press, 429-432.
4. Wakula, J., Berg, K. & Schaub, Kh. 2008, Statische Maximalkraftwerte für realtypische Kraftausübungen des Arm- Schulter- und Ganzkörpersystems für einen montagespezifischen Kraftatlas. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg.), Produkt- und Produktions-Ergonomie – Aufgabe für Entwickler und Planer. Dortmund: GfA Press, 423-428.

Das Forschungsvorhaben „Der montagespezifische Kraftatlas“ wird aus Mitteln des Forschungsfonds des Hauptverbandes der gewerblichen Berufsgenossenschaften e.V. (HVBG) gefördert.

Qualifikation und Bildung

Autonomie im Umbruch – Neue Lebens- und Arbeitsentwürfe am Beispiel von Lern- und Personalpools in regionalen Netzwerken

Sonja SCHMICKER und Silke SCHRÖDER

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

Kurzfassung: Der Autonomiegedanke als Leitfigur für die positive Fortentwicklung der Arbeitswelt über die Industrie-, Informations- und Wissensgesellschaft ist auffallend. Welche Antriebsfunktion übernimmt die Autonomie für eine persönlichkeitsförderliche und sozialverträgliche Arbeitswelt unter den gegenwärtigen und zukünftigen gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen? Der Beitrag nähert sich dem einem theoriegeleiteten dem Begriff Autonomie und wird empirisch unteretzt durch Projektergebnisse zum Aufbau netzwerkbezogener Lern- und Personalpools am Beispiel der Automobilzulieferindustrie.

Schlüsselwörter: Autonomie, Lernpool, Personalpool.

1. Einleitung

Die Gegenwart der Arbeit zeigt, dass neben den „klassischen“ Arbeitsverhältnissen neue innovative Beschäftigungsformen an Bedeutung zunehmen. Im Rahmen der Debatte zur Zukunft der Arbeit geht es darum (Goehler 2006), eine Kulturgesellschaft zu entwickeln, die aus den „reparierenden“ Adaptionen der klassischen Arbeit eine die Gesellschaft gestaltende macht. In einer Studie Richard Floridas wird gezeigt, „dass Europa im Allgemeinen und Deutschland im Besonderen schlecht vorbereitet sind auf die veränderten Bedingungen der Arbeitswelt jenseits von Normalarbeitsverträgen und lebenslanger Betriebszugehörigkeit“ (Florida 2002). Arbeit befindet sich im Wandel und das nicht erst seit heute, wenn man die Konzepte des Taylorismus, Fordismus u. a. bis zum Postfordismus heute betrachtet. Die „klassische“ Erwerbsarbeit im Sinne einer unbefristeten Vollzeitbeschäftigung geht stärker über zu einem Mix aus traditioneller Vollzeitbeschäftigung, Neuer Selbständigkeit, Zeitarbeit, Telearbeit, job sharing, u. a.

Unternehmen suchen nach alternativen und vor allem nach flexiblen Beschäftigungsformen. Für kleine und mittlere Unternehmen (KMU) wird die Kooperation in Netzwerken zum entscheidenden Wettbewerbsfaktor, woraus Chancen und Risiken für die Beschäftigungsfähigkeit resultieren können.

2. Autonomie im Umbruch

Aus arbeitswissenschaftlicher Sicht hat erstmals Otto Lipmann im Jahre 1932 auf die Bedeutung der Autonomie für die Motivation und Leistungsfähigkeit arbeitender Menschen hingewiesen. Es wurde untersucht, „wie eine ‚Bestgestaltung‘ der Arbeit vom Standpunkt des Arbeitenden aus betrachtet aussieht“ (Lipmann 1932). Verstärkt wurde die Motivation und Leistungsfähigkeit arbeitender Menschen durch „Arbeits-

freude“. Sie kann es nur dort geben, wo „Arbeitende bei der Ausführung einer zielgerichteten Tätigkeit das Ziel und deren Ablauf autonom bestimmen und regulieren können und wo deren Merkmale ihrer Arbeitsneigung entsprechen“ (Sichler 2006). Die Grundsätze der wissenschaftlichen Betriebsführung, die seit Taylor gelten, waren somit in Frage gestellt. In den Mittelpunkt rückte immer mehr die Überlegung zu einer persönlichkeitsförderlichen und sozialverträglichen Arbeitsgestaltung.

Autonomie heute ist primär eine Voraussetzung für wirtschaftlich erfolgreiches Handeln. Während im ursprünglichen Humanisierungsansatz die Autonomie als Gestaltungsansatz gegenüber den Arbeitgebern eingeklagt wurde, wird die Autonomie mehr den gegenseitigen Bedingungen zum Autonomie-Muss für das wirtschaftlich erfolgreiche Handeln.

Der Begriff der Autonomie findet unserer Meinung nach eine Konkretisierung durch das Konzept des Tätigkeitsspielraums (Ulich 1998), das an der Tätigkeitstheorie von Leontjew ausgerichtet ist.

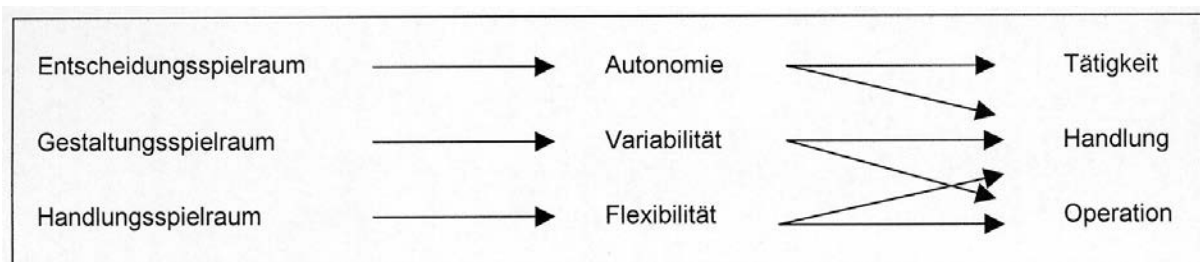


Abbildung 1: Der Tätigkeitsspielraum (Ulich 1998)

Den Tätigkeitsspielraum entwickelt Ulich als „mehrdimensionales Konstrukt, das sich aus dem Handlungs-, Gestaltungs- und Entscheidungsspielraum zusammensetzt“ (Ulich 1998). Das Modell beinhaltet eine Hierarchie autonomen Handelns. Bezugsrahmen für Ulich ist das klassische Arbeitsverhältnis mit den entsprechenden Abhängigkeiten zum Arbeitgeber. Auf der Ebene höherer unabhängiger, selbständiger Tätigkeiten stellt sich die Frage der menschlichen Autonomie neu (Sichler 2006).

Im abhängigen Beschäftigungsverhältnis wird die Autonomie über Handlungs-, Gestaltungs- und Tätigkeitsspielraum bestimmt, wobei hingegen bei der Selbständigkeit bzw. bei unabhängigen freien Arbeitsformen eine Autonomie höherer Ordnung deutlich wird. Was bedeutet das für den Autonomiebegriff aus arbeitswissenschaftlicher Sicht?

Die Autonomie in abhängigen Beschäftigungsverhältnissen wird über Dürfen, Befugnisse, objektive und subjektive Voraussetzungen ermöglicht. Die Wahlmöglichkeiten und der freiwillige Partizipationsgrad sind für die Entfaltung der Autonomie notwendige Bedingungen. Die Arbeitsmotivation wächst hierbei aus dem „Wollen“. In Summe sind das die essentiellen Voraussetzungen für den Erfolg dieses Konzeptes.

In Gegensatz dazu steht die Selbständigkeit. Selbständige setzen sich mit dem Autonomie-Muss auseinander, denn ihnen stehen keine Wahlmöglichkeiten zur Verfügung. Hinzu kommen Autonomie-Können und Autonomie-Wollen, die von entscheidender Bedeutung sind. Im Wesentlichen sind das die Voraussetzungen für die neue Autonomie höherer Ordnung. Das Konstrukt „Autonomiefähigkeit“ ist stark zu hinterfragen: Können alle Menschen an die Autonomiefähigkeit höherer Ordnung herangeführt werden?

In den theoretischen Betrachtungen zur „Autonomie höherer Ordnung“ ist grundsätzlich zu vermuten, dass Individualisierung der Gestaltungslösungen (Prinzip der differenziellen Arbeitsgestaltung), Differenzierung und Pluralisierung der Beschäfti-

gungsformen in der Phase des Berufs- und Erwerbslebens sowie eine Erosion der klassischen Erwerbsbiografien zunehmen werden (Sichler 2006). Erosion meint hier aus intrapersoneller Sicht, dass berufsbiografisch ein „lebenslanges Lernen“ mit wechselnden Beschäftigungsformen zwischen abhängiger und unabhängiger Beschäftigung aber auch „Nichtarbeit“ existiert. Es kommen vermehrt Brüche in der Erwerbsbiografie vor.

3. Das Modellprojekt BauRepp

Im Rahmen eines innovativen und komplexen Vorgehens einer integrierten Personal- und Organisationsentwicklung ist die Idee des Modellprojektes BauRepp (Bedarfsorientierte Qualifizierung für den Aufbau Regionaler Personalpools) zur Stärkung der Wettbewerbs- und Innovationsfähigkeit von KMU entstanden. Projektgegenstand sind die Entwicklung und Erprobung innovativer netzwerkbezogener Personalkonzepte im Sinne der nachhaltigen Unterstützung der beteiligten KMU bei der Rekrutierung und Sicherung ihres Fach- und Führungskräftebedarfes. Die Grundidee ist Beschäftigungsfähigkeit durch flexible selbstorganisierende Beschäftigungsmodelle. Es wird eine bedarfsorientierte Vielfalt in der Arbeitswelt zur Erweiterung von Beschäftigungspotentialen in regionalen Netzwerken von KMU erschlossen (vgl. Abb. 2).

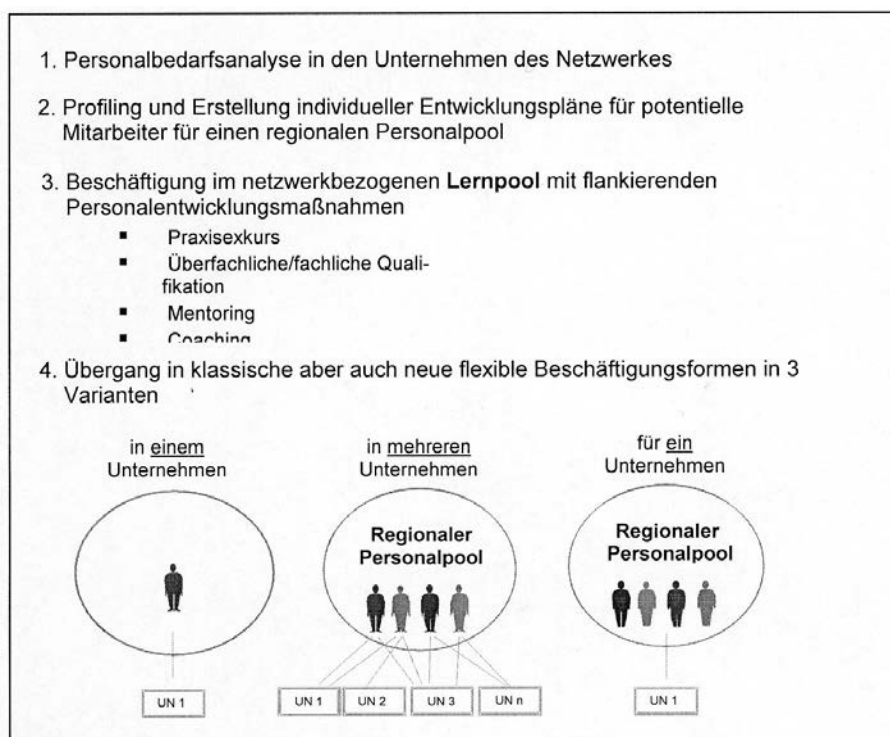


Abbildung 2: Das Konzept zum Aufbau eines Lern- und Personalpools

Über dieses Modellprojekt wird den Unternehmen Unterstützung durch den Aufbau von unternehmensbezogenen Lern- und Personalpools, die zur bedarfsgerechten und branchenorientierten Fachkräftegewinnung beitragen, angeboten. Die branchenbezogene Ausrichtung bietet den Vorteil des Vorhaltens hochgradig spezialisierter Fachkräfte. Vorrangig geht es um den Berufseinstieg in die regionale Wirtschaft von Absolventen, jungen Facharbeitern, Rück-, Zuwanderern und Berufswechslern.

Insgesamt konnten bisher mehr als 70 offene Bedarfe in 40 Unternehmen im Land Sachsen-Anhalt (Stand Dezember 2007) erfragt werden. Davon haben zum bisherigen Zeitpunkt 40 Teilnehmer (11 weibliche und 29 männliche) mit einem Durchschnittsalter von 35 Jahren in 26 Unternehmen einen Einstieg erhalten. Die Bedarfe konzentrieren sich dabei vorrangig auf Fachkräfte mit Hochschulabschluss aus ingenieurwissenschaftlichen Studienrichtungen.

Das Projekt konzentriert sich sowohl auf das Erreichen praktischer Umsetzungsergebnisse als auch den arbeitswissenschaftlichen Erkenntniszuwachs. Prozessbegleitend werden im Sinne einer formativen Evaluation Erwartungen und erreichte Zwischenergebnisse erfasst, die vor allem Gestaltungshinweise für das noch in der Durchführungsphase befindliche und laufende Projekt liefern sollen.

4. Fazit und Ausblick

Die prozessbegleitende arbeitswissenschaftliche und betriebswirtschaftliche Evaluierung im Aufbau befindlicher regionaler Lern- und Personalpools wird weiterhin verfolgt vor allem mit dem Ziel:

- der proaktiven Gestaltung arbeitswissenschaftlicher Standards,
- der Sicherung der betriebswirtschaftlichen Stabilität dieser neuen Beschäftigungsformen,
- der Entwicklung von Instrumenten und Werkzeugen zur Unterstützung der Autonomiefähigkeit auf individueller, organisationaler und netzwerkbezogener Ebene,
- und der Frage
- Für welche Arbeitspersonen ist das Modell der regionalen Personalpools im Kontext zu persönlichen Neigungen und Interessen sowie berufsbiografischen Präferenzen besonders geeignet ?

Gibt es den „Angestellten Freiberufler“ im Sinne der Begrenzung überfordernder Autonomie und mehr Sicherheit im Verhältnis zur klassischen Selbständigkeit? Gibt es die „Regionalität“ als Gütekriterium im Sinne der Begrenzung überfordernder Mobilität, Flexibilität, Variabilität und Interaktion ?

Zusammenfassend ist die Akzeptanz dieser Poolbeschäftigung aus Sicht der Beschäftigten sehr hoch. Sie wird hauptsächlich als einen interessanten berufsbiografischen Lebensabschnitt insbesondere an der Schnittstelle Ausbildung – Berufseinstieg präferiert. Es wird von den bisherigen Teilnehmern in Erwägung gezogen, diese neue Arbeitsform anzunehmen. Unter welchen Rahmenbedingungen diese Aussagen Gültigkeit haben und Verallgemeinerungen zulassen, ist in weiteren Untersuchungen zu hinterfragen.

5. Literatur

1. Goehler, A. 2006, Verflüssigungen. Wege und Umwege vom Sozialstaat zur Kulturgesellschaft. Frankfurt am Main: Campus.
2. Sichler, R. 2006, Autonomie in der Arbeitswelt. Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht Verlag.
3. Ulich, E. 1998, Arbeitspsychologie, 4. Auflage. Stuttgart: Schaeffer-Poeschel.

Das Modellprojekt BauRepp wird durch das Ministerium für Wirtschaft und Arbeit des Landes Sachsen-Anhalt gefördert und aus Mitteln des Europäischen Sozialfonds (ESF) und des Landes finanziert.

Erfahrungsbasierter Umgang mit handgeführten Bearbeitungsmaschinen als Schlüssel zum Erfolg - Forschungsergebnisse aus Arbeitsprozessstudien im Geschäftsfeld der Herstellung von Bauteilen aus faserverstärkten Kunststoffen

Bernd HAASLER¹ und Jochen ECKEBRECHT²

¹ *Institut Technik und Bildung (ITB), Universität Bremen,
Postfach 330440, D-28359 Bremen*

² *Stiftung Institut für Werkstofftechnik (IWT),
Badgasteiner Straße 3, D-28359 Bremen*

Kurzfassung: Hersteller von Bauteilen aus faserverstärkten Kunststoffen (FVK) arbeiten in ihren durchaus hochkomplexen anspruchsvollen Prozessen oft mit einem beträchtlichen Anteil von An- und Ungelernten Mitarbeitern, da die Basis adäquat ausgebildeter Fachkräfte fehlt. In der handwerklich orientierten Fertigung nimmt die Arbeit mit handgeführten Bearbeitungsmaschinen eine zentrale Stellung ein, deren Ausführung maßgeblich über die Qualität der Baugruppen und Fertigteile entscheidet. Der Beitrag bietet erste Teilergebnisse eines laufenden Vorhabens welches ingenieurwissenschaftlich orientierte Forschung zur Fertigungstechnik und berufspädagogisch motivierte Ansätze, die Qualifizierungs- und Personalentwicklungsprozesse in den Fokus nehmen, verknüpft.

Schlüsselwörter: Handgeführte Bearbeitungsmaschinen, Un- und Angelernte, berufliche Kompetenzentwicklung, praktisches Wissen.

1. Kontext und Fragestellung

Im Zuge der Veränderungen von Arbeitsabläufen gliedern Großunternehmen die Herstellung von Bauteilen aus faserverstärkten Kunststoffen verstärkt an Zulieferbetriebe aus. Sie verlassen sich zunehmend auf die Fähigkeiten von spezialisierten Betrieben aus dem regionalen Umfeld. Diese Zulieferer sind vor allem den handwerklich orientierten kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) zuzuordnen. Am Untersuchungsstandort des Forschungsprojektes (Bundesland Bremen und Umland) existiert beispielsweise ein starker Bezug zu den Branchen Luftfahrt-, Automobil-, Marine- und Schiffstechnik sowie dem Bau von Windenergieanlagen. Die Branche der Kunststoffverarbeiter mit Schwerpunkt Faserverbundtechnik ist im Vergleich zu anderen Gewerken recht jung, die domänenspezifischen handwerklichen Wurzeln fehlen. Strukturen, die eine, den hohen Anforderungen gerechte, einschlägige Berufsausbildung ermöglichen, sind noch nicht vorhanden. So beträgt der Anteil der An- und Ungelernten, die in der Herstellung von FVK-Bauteilen tätig sind, rund 70 Prozent; die wenigen Fachkräfte rekrutieren sich aus verwandten Berufen (z. B. Bootsbauer, Tischler, Modellbauer, Lackierer). Der praktische Umgang mit handgeführten Bearbeitungsmaschinen (z. B. Stichsäge, Winkelschleifer, Exzentrerschleifer) im Rahmen der Facharbeit in der FVK-Branche ist ein bislang weitgehend unerforschtes Gebiet. Das wäre wahrlich nicht weiter beachtenswert, wenn es sich um eine randständige

Nische in der Bearbeitungstechnologie von unbedeutendem Ausmaß handeln würde. Der professionell gewandte Umgang mit handgeführten Bearbeitungsmaschinen bildet allerdings einen Kernbereich der Facharbeit in einer Querschnittbetrachtung über die äußerst vielseitige Palette an Produkten und Dienstleistungen der FVK-Branche. Die manuelle Facharbeit mit handgeführten Bearbeitungsmaschinen ist kalkulatorisch schwer fassbar. Sowohl die Dauer der Bearbeitungszeit als auch die Qualität der Arbeitsergebnisse sind Faktoren, die höchst individuell von den Fähigkeiten und vom Können des jeweiligen Bearbeiters abhängen (Haasler 2004). Im Forschungsvorhaben wird daher im Hinblick auf eine transparente Qualitätssicherung im Unternehmen versucht, die Arbeit mit handgeführten Maschinen grundlegend zu erschließen. Die zentrale Forschungsfrage lautet, „Was macht das konkrete Handeln der Werker aus, die mit handgeführten Bearbeitungsmaschinen umgehen?“

2. Methodische Anlage

Im Forschungsvorhaben werden Arbeitsprozessstudien durchgeführt, die methodisch durch teilnehmende Beobachtungsinterviews realisiert werden (vgl. Oesterreich & Volpert 1987). Dabei werden die Fachkräfte an ihren Arbeitsplätzen begleitet und während ihrer Alltagsarbeit beim Umgang mit handgeführten Bearbeitungsmaschinen beobachtet und ergänzend interviewt. Dieses methodische Vorgehen stellt einen äußerst geringfügigen Eingriff in den Arbeitsalltag der Unternehmen und der Mitarbeiter dar. Der Forscher integriert sich dabei weitgehend in den Arbeitsalltag und versucht das Handeln der Fachkräfte zu verstehen und durch gezieltes Nachfragen zu entschlüsseln.

Ergänzend zum Ansatz der direkt auf die Akteursgruppe der handelnden Werker auf Werkstattebene zielt, werden im Vorhaben Führungskräfteworkshops durchgeführt. Beteiligt werden hier Führungskräfte der Meisterebene, die fachliche Verantwortung und Personalleitungsaufgaben in der Fertigung wahrnehmen. In einer rund zweistündigen moderierten Gruppendiskussion mit den Meistern wurden als „Input“ von den Forschern Zwischenergebnisse der Beobachtungsinterviews vorgestellt, woran sich eine offene Diskussion der Führungskräfte anschloss.

3. Zwischenergebnisse

Aus den Forschungsarbeiten, welche in einem Schiffbauunternehmen durchgeführt wurden, sollen nachfolgend einige Auszüge angeführt werden: Das Unternehmen der Betriebsgrößenklasse von 300 Mitarbeitern ist international ausgerichtet in vier Geschäftsbereichen tätig: Schiffbau, Rettungsbootsbau, Anlagenbau und Faserverbundtechnik (FVT). Das Herstellen von Kunststoff-Rettungsbooten in Einzelteilfertigung und Kleinserien erfolgt dort im personalintensiven Handauflegeverfahren. Dabei wird das Laminat auf das Urmodell manuell aufgebracht und die Überstände des Materials anschließend besäumt. Aus den Arbeitsprozessstudien konnte als Teilergebnis festgehalten werden, dass das Besäumen von den einzelnen Werkern höchst unterschiedlich gehandhabt wird. Zum Einsatz kommen sowohl Schleifmaschinen, pneumatisch betriebene Stichsägen (siehe Abbildung 1) oder auch Cutter(-messer).



Abbildung 1: Besäumen des Laminats mit handgeführter Stichsäge im Bootsbau

Im Führungskräfteworkshop mit den Meistern kommentierten diese folgendes: „Das Besäumen mit handgeführten Bearbeitungsmaschinen könnte man sich zum größten Teil sparen, wenn man das Laminat, wenn es noch nicht ausgehärtet ist, einfach mit dem Messerschnitt besäumt. Wenn man das nass abschneidet, erspart man sich später eine Menge: Es geht viel schneller und es entstehen beim Messerschnitt auch keine Schleifstäube, wie beim Besäumen mit Schleifmaschine oder Stichsäge.“

Ein anderer Werkstattmeister ergänzt kritisch: „Es liegt an unserer eigenen Arbeitsorganisation, dass die Laminierer oft nicht auch den Arbeitsschritt des Besäumens ausführen. Da denkt jeder nur an sich und nicht an die, die den nächsten Arbeitsschritt übernehmen sollen. Da so eine Herstellung eines Tenders oder Rettungsbootes aus Faserverbundstoffen ein recht langtaktiger Prozess ist und sich auch das Laminieren über mehrere Schichten erstrecken kann, muss die Arbeit der Schichten optimal abgestimmt sein und vor allem muss die Mannschaft auch mitziehen. Im Normalfall sprechen die Schichtkolonnen sich auch ab, in welchem Stadium des Arbeitsfortschritts übergeben wird. Man könnte prinzipiell mit flexiblen Arbeitszeiten solche oft unnötigen Arbeitsgänge, z. B., dass ausgehärtetes Laminat besäumt werden muss, vermeiden. Dann könnte die eine Schicht entweder mal eher Schluss machen und die Laminierung auf den nächsten Tag verschieben oder andererseits auch mal das Arbeitsende nach hinten verlegen. Das wird bei uns aber nicht gehen. Das wird dann nur ausgenutzt, die Werker sagen sich dann: „Dann rolle ich beim Laminieren eben etwas langsamer, das bringt dann Überstunden.“ (...) Das würde schamlos ausgenutzt, da wir in der Mannschaft ja kaum Mitarbeiter haben, die selbstständig arbeiten.“

Das Problem, qualifizierte motivierte Mitarbeiter für die Werkstattebene zu finden, beschreibt ein Meister drastisch: „Von den Leiharbeitern kann man leider nur rund 10 Prozent für die Arbeit bei uns wirklich gebrauchen. Die sind motiviert und können mit unseren Prozessen was anfangen — diese wenigen sind auch für unsere Stammbesatzung geeignet. Leider haben wir mit den An- und Ungelernten und vielen Leiharbeitern wenige in der ganzen Mannschaft, die selbstständig arbeiten können oder wollen. Den meisten ist es egal, was sie machen. Zudem liegt der Lohn bei uns da, wo grad der Mindestlohn für Postzusteller vereinbart wurde (9,80 Euro/Stunde). Für die Bezahlung gibt es sonstwo bessere Arbeitsbedingungen, als bei uns zu laminieren und im Schutzanzug zu schleifen. Vielen ist es so egal was sie machen, die würden genauso mit dem Besen den ganzen Tag die Pier fegen. Hauptsache es ist pünktlich Feierabend und sie müssen nicht viel denken.“

Der Auszug aus dem Datenmaterial des Forschungsvorhabens verdeutlicht, dass ein Blick allein auf fertigungstechnische Optimierungspotenziale (vgl. Tönshoff 1995) nicht ausreicht, um hier zu arbeitswissenschaftlich fundierten Lösungen zu kommen. Fertigungstechnik isoliert ohne eine Einbettung im Kontext der Personalentwicklung der Unternehmen optimieren zu wollen, wird daher wenig wirksam sein. Die Erkenntnisse des Forschungsvorhabens können anwendungsnah genutzt werden, um künftig die Arbeit mit handgeführten Bearbeitungsmaschinen transparenter und zielgerichteter zu gestalten. So konnten bereits für verschiedene Arbeitsaufgaben musterhaft Arbeitsablaufschritte formuliert werden, die gleichzeitig Qualitätsstandards berücksichtigen und definieren, wie vorgegangen wird. Ebenso konnten erfahrungsbasierte Bearbeitungshinweise fixiert werden, die künftig als Informationspool den Unternehmen zur Verfügung stehen. Dieses Erfahrungswissen war bislang oftmals an einzelne Mitarbeiter gebunden; eine Situation, die Unternehmen vor Probleme stellen kann (z. B. durch Abschottung von Expertenwissen, Fluktuation von Wissens- und Erfahrungsträgern). Vor allem für die Aus- und Weiterbildung von Mitarbeitern, die künftig mit handgeführten Bearbeitungsmaschinen kompetent und wertschöpfend tätig werden sollen, können auf Basis derartiger Erkenntnisse fundierte Personalentwicklungsmaßnahmen initiiert werden. Dies professionalisiert die Belegschaft auf Werkstattebene und kann entscheidende Qualitäts- und Kostenvorteile im Wettbewerb bedeuten. Eine gut ausgebildete und motivierte Belegschaft (auch mit professionell agierenden An- und Ungelernten) bietet hier die notwendige Basis – gerade in den letztendlich direkt wertschöpfenden Arbeitsprozessen der Werkstattebene.

4. Literatur

1. Haasler, B. 2004, Hochtechnologie und Handarbeit - eine Studie zur Facharbeit im Werkzeugbau der Automobilindustrie. Bielefeld: Bertelsmann.
2. Oesterreich, R. & Volpert, W. 1987, Handlungstheoretisch orientierte Arbeitsanalyse. In: U. Kleinbeck & J. Rutenfranz (Hrsg.), Arbeitspsychologie - Schriftenreihe Enzyklopädie der Psychologie, Themenbereich D, Serie III, Band 1. Göttingen: Hogrefe, 43-73.
3. Tönshoff, H. K. 1995, Spanen: Grundlagen. Berlin: Springer.

Neue Berufsstrukturen für den Einstieg in veränderte Arbeitsstrukturen und Konsequenzen für Kompetenzen

Georg SPÖTTL und Frank MUSEKAMP

*Institut Technik und Bildung, Universität Bremen,
Am Fallturm 1, D-28359 Bremen*

Kurzfassung: Im vorliegenden Beitrag wird das Instrument der so genannten Evaluationsaufgaben (EA) vorgestellt, wie es im Rahmen des Projekts zur Evaluation des 2-jährigen Berufes Kfz-Servicemechaniker angewandt wurde. Es wird beschrieben, wie mithilfe dieser ganzheitlichen Aufgaben Niveaus beruflicher Handlungskompetenz differenziert werden konnten, ohne auf abstrakte intrapersonale Kompetenzdimensionen wie Selbstkompetenz oder Sachkompetenz abzielen zu müssen.

Schlüsselwörter: Kfz-Service, berufliche Handlungskompetenz, Kompetenzentwicklung.

1. Einleitung

Folge der schnellen technischen Veränderungen im Kfz-Handwerk hin zu komplexen mechatronischen Systemen war ein Wandel der Aufgaben in den Werkstätten und damit der Anforderungen an die Facharbeiter. In der Regel kommen Diagnose-tester und Computer zum Einsatz, so dass die Arbeitsaufgaben in Kfz-Werkstätten zunehmend den Umgang mit abstrakten Informationen und das professionelle Agieren im Arbeits- und Geschäftsprozess der Kfz-Betriebe erfordern. Konsequenterweise wurden im Jahre 2003 die Berufe Kfz-Mechaniker und Kfz-Elektriker im neuen Beruf Kfz-Mechatroniker neu geordnet. Dessen Schwerpunkt liegt darin, Auszubildenden zu vermitteln, wie sie Theorie und Praxis mit dem Ziel vereinen, Aufgaben im Kontext der Domäne "vernetztes Fahrzeug" unter Nutzung adäquater Werkzeuge und im Rahmen verschiedener Organisationsformen effizient zu bearbeiten (Becker et al. 2002; Becker & Spöttl 2006).

Seit der Neuordnung erhalten Jugendliche mit Hauptschulabschluss immer seltener Zugang zu einer Ausbildung im Kfz-Service-Sektor. In Anbetracht dieser Entwicklung wurde in Nordrhein-Westfalen zwischen den Landesverbänden der IG Metall und dem Deutschen Kraftfahrzeuggewerbe vereinbart, den zweijährigen Beruf Kfz-Servicemechaniker/-in zu schaffen (im folgenden wird der besseren Lesbarkeit wegen allein die männliche Form des Berufes genutzt. Selbstverständlich sind immer auch die weiblichen Auszubildenden gemeint). Seitdem wird die Diskussion um ein geeignetes Berufsprofil auch von der Frage beherrscht, ob Absolventen einer 2-jährigen Ausbildung High-Tech-Autos zuverlässig und bei hoher Qualität warten und reparieren können. Der Artikel widmet sich so genannten Evaluationsaufgaben, die einen viel versprechenden Ansatz zur Beantwortung dieser Frage darstellen. Erste Erfahrungen im Einsatz dieser Methode konnten im Rahmen der Evaluation des Berufes Kfz-Servicemechaniker gesammelt werden.

2. Fragestellung

Mit den entwickelten domänenspezifischen Evaluationsaufgaben für den Kfz-Service sollte die berufliche Handlungskompetenz von jungen Auszubildenden im Kfz-Sektor in Abhängigkeit von ihrem Ausbildungsberuf abgeschätzt und in ihrem Entwicklungsverlauf nachgezeichnet werden. Es ging also darum, zu untersuchen, ob anhand von Evaluationsaufgaben, das praktische Können und theoretische Wissen von Kfz-Servicemechanikern feststellbar ist. Dabei war klar, dass ein derartiges Instrument im Rahmen dieses Projektes keiner umfassende methodischen Prüfung unterzogen werden konnte. Stattdessen wurde in der Methodenentwicklung die Frage in den Mittelpunkt gestellt, ob mithilfe einer ganzheitlichen Evaluationsaufgabe, die nicht im Sinne herkömmlicher Tests einzelne intrapersonale Kompetenzdimensionen abfragt, Personen mit einer hohen Kompetenz deutlich von Personen mit niedriger Kompetenz differenziert werden können. Nur wenn dieses der Fall ist, kann von einer grundsätzlichen Validität des Instruments gesprochen werden, die dessen Weiterentwicklung sinnvoll erscheinen lässt. Gleichzeitig ging es darum, herauszufinden, ob sich bei Auszubildenden in zwei- und dreijährigen Berufen die Kompetenzfortschritte unterscheiden.

3. Methode

3.1 Theoretische Vorüberlegungen

Ausgangspunkt des Designs von Evaluationsaufgaben (EA) ist die Überzeugung, dass sich Tests zur Messung beruflicher Handlungskompetenzen so nah wie möglich an den domänenspezifischen Anforderungen der Facharbeit orientieren müssen, um einen Wert für die Prognose zukünftiger Performanz von Probanden zu besitzen.

Berufliche Handlungskompetenz zeichnet sich dabei nicht nur dadurch aus, dass Personen exakt definierte Teilaufgaben richtig ausführen, sondern vor allem dadurch, dass Fachkräfte die zur Lösung einer ganzheitlichen Aufgabe notwendigen Tätigkeiten zunächst erkennen und sich diese dann als ihre Aufgaben aneignen. Deshalb wurden die EA jeweils als eine betrieblich reale sowie ganzheitliche Aufgabe gestaltet, in der die Probanden die notwendigen Tätigkeiten zunächst identifizieren, um sie dann zu vollziehen.

In diesem Sinne wurde den EA folgende Arbeitsdefinition von beruflicher Handlungskompetenz zugrunde gelegt: Unter beruflicher Handlungskompetenz im Kfz-Service ist das Ausmaß gemeint, in dem sich eine Person berufliche Aufgaben in der Praxis des Kfz-Service aneignet, und diesen fachlich gewachsen ist. Maßstab der beruflichen Handlungskompetenz ist nicht ein in irgendeiner Weise konstruiertes Curriculum und der Erfüllungsgrad von dort definierter Anforderungen. Vielmehr stellt die Facharbeit selbst die zu bewältigenden Anforderungen in Form von typischen Aufgaben an die Auszubildenden (ebenso wie an erfahrene Facharbeiter).

Facharbeit im Kfz-Service wird damit als ein Konstrukt verstanden, das zur Erfüllung von Kundenanforderungen von Werkstattmitarbeitern im Umgang mit Menschen und Technik in einer Weise geleistet wird, die die Bedürfnisse der Beteiligten im Einklang mit den technischen, organisatorischen und gesellschaftlichen Bedingungen optimal befriedigt.

Mit der Festlegung von Facharbeit als eine optimale Lösung für Aufgabenstellungen im Kfz-Service wird sie zu einer fixen Messgröße, die quasi ein absolutes Maß von beruflicher Handlungskompetenz darstellt. Rein definitorisch gibt es im Rahmen des Instruments der Evaluationsaufgaben darum keine gute oder schlechte Facharbeit, sondern nur mehr oder weniger gut gelungene Annäherungen an die Zielgröße „Facharbeit“. Da-

mit ist nicht gemeint, dass es immer nur einen optimalen Weg zur optimalen Lösung einer beruflichen Aufgabe gibt, sondern durchaus verschiedene. Die Qualität dieser verschiedenen Lösungswege kann sich jedoch immer nur eindeutig einer Expertenlösung annähern oder von ihr entfernen.

3.2 Untersuchungsansatz

Um das Ausmaß zu messen, mit der eine Person berufliche Handlungskompetenz im Kfz-Service entwickelt hat, wird angenommen, dass ein erfahrener Facharbeiter zu einer Bewertung in der Lage ist, wie gut eine Person die Anforderungen einer beruflichen Aufgabe im Sinne der Facharbeit zu lösen vermag. Dabei besteht Konsens, dass diese Einschätzung am exaktesten durch die Beobachtung des eigentlichen Handelns und einer Beurteilung der Handlungsergebnisse von Kfz-Facharbeitern im Arbeitsalltag möglich ist (vgl. Neuweg 2005). Aus Gründen der Aufwandsreduzierung wurde ein Setting entwickelt, welches berufliche Arbeitsaufgaben als Evaluationsaufgaben „auf dem Papier“ nachzeichnet, die von der Zielgruppe in einem Raum außerhalb des Arbeitsplatzes bearbeitet werden. Die Lösungen wurden von Experten der Facharbeit systematisch bewertet. Eine EA ist damit eine Repräsentation einer beruflichen Arbeitsaufgabe. Folglich ist die Lösung einer EA kognitiv vollzogenes und schriftlich wiedergegebenes berufliches Handeln, das ein Abbild der „Facharbeit“ darstellt. Dabei ist klar, dass kognitiv vollzogenes Handeln noch lange nicht dem tatsächlich (gegenständlich) vollzogenen Handeln entspricht. Damit stellt die Lösung einer EA lediglich einen Indikator für tatsächliche berufliche Handlungskompetenz dar. Es wird angenommen, dass anhand der Lösung einer EA eine Prognose über die zukünftige Performanz des Probanden im Kfz-Service möglich ist.

3.3 Analysekatégorien

Die Kategorien zur Bewertung der Evaluationsaufgaben gliedern sich in vier Dimensionen:

- Gegenstandsbezug
- Werkzeuge, Organisation, Methoden der Arbeit
- Anforderungen von Staat, Gesellschaft, Betrieb, Individuum
- Gestaltungskompetenz

Die Dimensionen kennzeichnen die Facharbeit in einer Domäne. Sie sind inhaltlich miteinander verwoben und ihre Ausprägungen geben Aufschluss über den Grad, mit dem berufliche Arbeitsaufgaben entsprechend der Herausforderungen in der Facharbeit bearbeitet werden. Gleichzeitig stellen sie bedeutsame Entwicklungsziele für Personen dar, die Kompetenzen in einer Domäne aufbauen. Anfänger und Experten gehen mit den Aufgabenstellungen in Hinblick auf diese Dimensionen unterschiedlich um. Die Dimensionen wurden domänenspezifisch so operationalisiert, dass sie als Merkmale und Indikatoren für einen die Facharbeit kennzeichnenden Umgang mit beruflichen Aufgabenstellungen dienen können.

Merkmale für den Gegenstandsbezug (Dimension 1) sind solche Aspekte, die Aufschluss darüber geben, inwieweit der Gegenstand der Facharbeit erfasst wird. Dabei werden der Arbeitszusammenhang und der Arbeitsprozess berücksichtigt.

Werkzeuge, Organisation und die Methoden der Arbeit (Dimension 2) dienen als Indikatoren dafür, ob die in einer Expertengemeinschaft üblichen Herangehensweisen zur Anwendung kommen. Zum einen müssen die den Aufgabenstellungen angemessenen Werkzeuge und Organisationsformen genutzt werden, zum anderen sind diese methodisch entsprechend der Erfahrungen und Regeln, die Facharbeit ausmachen, einzusetzen.

Die Anforderungen (Dimension 3), welche von verschiedenen Seiten an die Facharbeit gestellt werden, werden von Anfängern ganz anders berücksichtigt als von Experten. Vor allem handelt es sich zum Teil um sich widersprechende Anforderungen, die als Kompromiss in Einklang zu bringen sind, etwa wenn Zeit-, Kosten und Termindruck die Qualität der Facharbeit beeinflussen.

Die Gestaltungskompetenz (Dimension 4) wird durch die Kreativität und die Verwirklichung neuer Ideen zur Lösung von Problemen gekennzeichnet. In der Facharbeit ist oftmals ein der besonderen Situation angemessener Umgang mit und ein Abweichen von Regeln notwendig, um den Kundenanforderungen gerecht zu werden. Diese Kreativität ist nicht an eine allgemeine Intelligenz, sondern an den Expertisegrad in einer Domäne gebunden, der einer Person die Möglichkeiten eröffnet, Lösungsvarianten und alternative Wege zu finden.

4. Auswertungsstrategie und methodische Erkenntnisse

Um im Rahmen des Projekts die Validität der eingesetzten EAs zu überprüfen, wurde auf die Technik der bekannten Gruppen zurückgegriffen, bei der Unterschiede im Testergebnis von zwei unterschiedlichen Probandengruppen zunächst theoretisch begründet und anschließend empirisch überprüft werden. Dazu wurden neben Auszubildenden erfahrene Facharbeiter in die Untersuchung mit einbezogen und angenommen, dass die Facharbeiter durch ihre jahrelange Praxis den Auszubildenden in ihrer beruflichen Handlungskompetenz deutlich überlegen sind. Es wurde überprüft, ob sich diese theoretische Differenz auch empirisch mit den Evaluationsaufgaben nachweisen lässt. Dies war mehrheitlich der Fall. Auch konnten mithilfe der Aufgaben Unterschiede in der Entwicklung der zwei untersuchten Berufe festgestellt werden. Damit kann das Instrument als grundsätzlich tauglich angesehen werden, berufliche Handlungskompetenzen im Kfz-Service zu diagnostizieren. Weitere Gütekriterien vor allem die Reliabilität und Objektivität des Instruments wurden nur rudimentär geprüft und bedürfen der weiteren Forschung.

5. Literatur

1. Musekamp, F. 2007, Der Kfz-Servicemechaniker: Verkürzte Ausbildung als Weg aus der Benachteiligung ? Hintergrund, Forschungsdesign und erste Ergebnisse einer Evaluation. In: D. Münk, J. van Buer, K. Breuer & T. Deißinger (Hrsg.), Hundert Jahre kaufmännische Ausbildung in Berlin. Opladen: Barbara Budrich, 224-234.
2. Becker, M. & Spöttl, G. 2006, Kommunikationstechnik – Generalisierung oder Spezialisierung des Kfz-Mechatronikers?, Zeitschrift für die gesamte Wertschöpfungskette Automobilwirtschaft , 3/2006, 39-46.
3. Becker, M., Spöttl, G., Hitz, H. & Rauner, F. 2002, Aufgabenanalyse für die Neuordnung der Berufe im Kfz-Sektor. Bremen: Eigenverlag.
4. Neuweg, G. H. 2005, Implizites Wissen als Forschungsgegenstand. In: R. Rauner (Hrsg.), Handbuch Berufsbildungsforschung. Bielefeld: Bertelsmann Verlag, 581-587.

Eine Beschreibung des Berufes Kfz-Servicemechaniker, ein Überblick zum gesamten Evaluationsdesign und erste Projektergebnisse finden sich bei Musekamp (2007) sowie im Internet unter www.kfz-servicemechaniker.uni-bremen.de.

Arbeitsschutz für IT-gestützte Arbeit durch Entwicklung von übergreifender Handlungskompetenz

Markus KOHN

*BGIA - Institut für Arbeitsschutz der
Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung,
Alte Heerstraße 111, D-53754 St. Augustin*

Kurzfassung: Neue IT-gestützte Arbeitsformen sind gegenüber traditionellen Arbeitsformen dadurch gekennzeichnet, dass Belastungsfaktoren für das arbeitende Individuum weniger im physischen als vielmehr im psychischen Bereich auftreten. Dementsprechend muss sich der Arbeitsschutz bei diesen Formen der Arbeit schwerpunktmäßig um solche psychischen Belastungsfaktoren kümmern. Allerdings entziehen sich die neuen Arbeitsformen aufgrund ihrer Flexibilität jedoch häufig den traditionellen und bewährten Ansätzen des Arbeitsschutzes. In diesem Beitrag wird ein Aspekt, der von der Arbeitsschutzforschung bisher noch wenig Beachtung findet, dargestellt und seine Relevanz für einen betrieblichen Arbeitsschutz für neue Arbeitsformen an einigen Beispielen erläutert. Es handelt sich hierbei um die Entwicklung einer übergreifenden Handlungskompetenz bezüglich der Randbedingungen und der mit dem Arbeitsprozess in Verbindung stehenden Geschäftsprozesse, die dem arbeitenden Individuum die Einbettung seiner Arbeit in den Gesamtzusammenhang ermöglicht und Handlungsalternativen in unerwarteten oder kritischen Arbeitssituationen zur Verfügung stellt und dadurch in die Lage versetzt, spezielle psychische Belastungen zu bewältigen.

Schlüsselwörter: Arbeitsschutz, Kompetenzentwicklung, IT-gestützte Arbeit, neue Arbeitsformen.

1. Einleitung

Neue IT-gestützte Arbeitsformen entziehen sich häufig etablierten Ansätzen des Arbeitsschutzes. Je nach betrachteter Arbeitsform sind hierfür verschiedene Ursachen verantwortlich. So können beispielsweise bei mobilen Formen IT-gestützter Arbeit einige der vom etablierten Arbeitsschutz als Basis verwendeten Invarianten aufgrund der Flexibilität dieser Arbeitsformen nicht länger aufrecht erhalten werden, womit auch die darauf basierenden jeweiligen Arbeitsschutzmaßnahmen nicht länger anwendbar sind (Kohn 2006).

Die Problematik, auch für die neuen IT-gestützten Arbeitsformen praktikable Ansätze zu einem betrieblichen Arbeitsschutz zu finden, ist bereits seit längerem bekannt (z.B. Pickshaus 1995), neben einigen Ansätzen aus der gewerkschaftlichen Perspektive (TBS 2007) wurden bisher jedoch keine nennenswerten in die Praxis umsetzbaren Lösungen gefunden.

In diesem Beitrag soll ein Aspekt, der bei Überlegungen zum Arbeitsschutz bei IT-gestützter Arbeit bisher nur eine untergeordnete Rolle spielt, genauer betrachtet und seine Relevanz in der betrieblichen Umsetzungsmöglichkeit anhand einiger Beispiele dargestellt werden: Die Entwicklung einer übergreifenden Handlungskompetenz beim

arbeitenden Individuum, die über die eigentliche arbeitsaufgabenbezogene Sachkompetenz hinausgeht.

2. Kompetenzentwicklung und Arbeitsschutz

Kompetenzentwicklung ist ein wesentlicher Bestandteil des institutionalisierten und betrieblichen Arbeitsschutzes. Auf der institutionalisierten Ebene handelt es sich um die Kompetenzentwicklung in der Gestaltung von sicherheits- und gesundheitsgerechten Arbeitsverhältnissen, z.B. bei der Ausbildung von Aufsichtspersonen und Sicherheitsfachkräften. Auf der betrieblichen Ebene findet dagegen die Entwicklung von Kompetenz in sicherheits- und gesundheitsgerechtem individuellen Arbeitsverhalten statt, üblicherweise im Rahmen der Unterweisung im Sinne des Arbeitsschutzgesetzes oder der betrieblichen Berufsausbildung. Die Entwicklung einer übergreifenden Handlungskompetenz, die sich nicht nur auf die unmittelbare Arbeitsaufgabe bezieht, sondern auch angrenzende Arbeitsgebiete oder strategische Aspekte mit einbezieht, spielt – zumindest aus der traditionellen Sicht des Arbeitsschutzes – keine Rolle und wird in der Regel als vermeintlicher bloßer Kostenfaktor vermieden.

Doch kommt dieser übergreifenden Handlungskompetenz gerade bei IT-gestützten neuen Arbeitsformen eine besondere Bedeutung hinsichtlich eines gesunden Arbeitens, und somit dem Arbeitsschutz, zu.

3. Die Rolle der übergreifenden Handlungskompetenz bei gesunder Arbeit

Auch bei modernen IT-gestützten Arbeitsformen treten Belastungen und Beanspruchungen beim arbeitenden Individuum auf. Im Unterschied zu traditionellen Arbeitsformen sind hier die Belastungen eher im Bereich der psychischen Faktoren angesiedelt. Ob sich eine konkrete psychische Belastung als positive oder unerwünschte negative Beanspruchung im Individuum manifestiert, hängt u.a. von den persönlichen Ressourcen des arbeitenden Individuums ab. Handlungskompetenz im Sinne von Handlungsfähigkeit durch das Verfügen-Können über Handlungsalternativen ist eine dieser persönlichen Ressourcen.

Im psychologischen Modell der Handlungsregulationstheorie (Hacker 1986) führt eine Störung der sog. Handlungsregulation zu einer unerwünschten negativen psychischen Beanspruchung. Wird das arbeitende Individuum durch eine Störung veranlasst, den beabsichtigten – weil so intendierten oder so gewohnten – Handlungspfad zu verlassen (Abb. 1 a), erlebt das Individuum eine negativ beanspruchende Stresssituation. Verfügt das arbeitende Individuum jedoch über eine ausreichende Handlungskompetenz, ist es in der Lage, die Störung und die damit verbundene negative Beanspruchung durch Auswahl einer geeigneten Handlungsalternative abzufedern oder sogar zu vermeiden. Ins Bildliche übertragen stellt Handlungskompetenz eine Art Hülle um den beabsichtigten Handlungspfad dar, innerhalb derer Störungen bis zu einem gewissen Grad aufgefangen und alternative neue Handlungspfade gebildet werden können (Abb. 1 b).

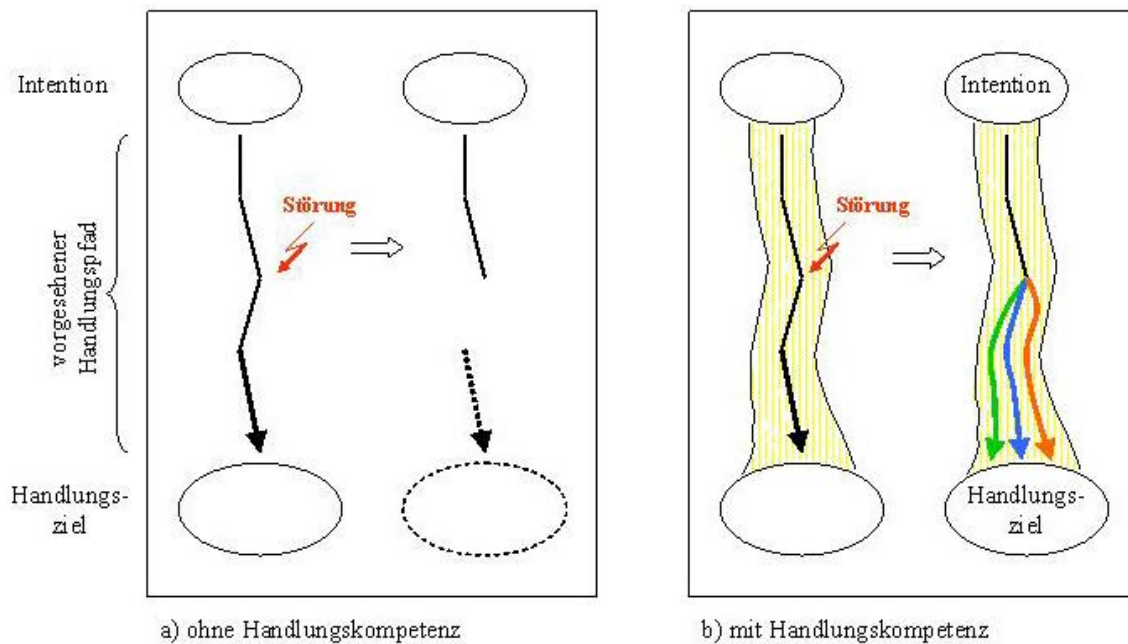


Abbildung 1: Konsequenzen einer Störung der Handlungsregulation

Unter der Annahme, dass die Vermeidung negativer psychischer Beanspruchung zur Steigerung von Gesundheit und Wohlbefinden bei der Arbeit beiträgt, ist es daher Aufgabe der Arbeitsgestaltung, neben einer angemessenen Gestaltung der Geschäftsprozesse auch für die Entwicklung einer entsprechenden Handlungskompetenz Sorge zu tragen.

4. Konsequenzen für den betrieblichen Arbeitsschutz

Ein in einer neuen, IT-gestützten Arbeitsform tätiges Individuum benötigt neben der selbstverständlichen aufgabenbezogenen Fachkompetenz also zusätzliche Handlungskompetenz, die auf Aspekten der verschiedenen vor- und nachgelagerten Arbeitsbereiche beruht und die das arbeitende Individuum in die Lage versetzt, auch bei Störungen des IT-gestützten Arbeitsablaufs geeignete Handlungsalternativen zu finden. Wie die Beispiele in Tabelle 1 und 2 zeigen, kann diese zusätzlich benötigte Kompetenz nur schwer verallgemeinert werden, sondern muss im Unternehmen arbeitsplatzspezifisch definiert werden. Für den betrieblichen Arbeitsschutz ergibt sich daraus die Notwendigkeit, zu einer intensiven Zusammenarbeit mit anderen Akteuren der betrieblichen Gestaltung, wie beispielsweise der IT-Abteilung, dem Personalmanagement oder dem Management der Geschäftsprozesse.

Tabelle 1: Kompetenzbildung bei Arbeit mit Email

Störung / Belastung	Kompetenzbildung in
Informationsüberlastung	Priorisierung und Selektion von Informationen
ständige Erreichbarkeit	Bearbeitungs- und Beantwortungsstrategien
Systemabsturz	Methoden des Informationsaustauschs ohne IT
wiederholte Unterbrechung	Konzentrations- und Arbeitstechniken
Schneeballeffekt („cc-ing“)	allgemeine Prinzipien der Email-Kommunikation
Sprachstil eingegangener Mails	Kommunikation, Schrift und Sprache
rechtliche Aspekte	rechtliche Rahmenbedingungen

Tabelle 2: Kompetenzbildung bei mobiler Kundenbetreuung in Beratung und Service

Störung / Belastung	Kompetenzbildung in
Arbeitsüberlastung	Priorisierung und Selektion von Arbeitsaufträgen
ständige Abwesenheit	Selbsteinbindung in die Organisation
Systemabsturz	fachliche Beratung ohne IT
Störungen in der IT	Ablauf der betrieblichen IT-Serviceprozesse
Arbeitsumgebung beim Kunden	ergonomisches Arbeiten außerhalb eines Büros
Installation von Kunden-Software	Grundzüge im Systemmanagement
fehlerhafte Kundenkonfiguration	Ablauf der relevanten Produktentstehungsprozesse

5. Zusammenfassung

Neue IT-gestützte Arbeitsformen bedingen aufgrund ihrer im Vergleich zu traditionellen Arbeitsformen veränderten Belastungssituation neue Ansätze im betrieblichen Arbeitsschutz. Die traditionellen Ansätze des betrieblichen Arbeitsschutzes können den neuen, weitgehend psychischen Belastungen nicht mehr in ausreichendem Maße begegnen.

Basierend auf Überlegungen der Handlungsregulationstheorie kann die Entwicklung einer übergreifenden Handlungskompetenz beim jeweiligen arbeitenden Individuum verhindern helfen, dass sich psychische Belastungen bei der IT-gestützten Arbeit als negative und langfristig gesundheitsschädliche Beanspruchung des Individuums auswirken. Damit ergibt sich für den betrieblichen Arbeitsschutz ein vollkommen neues Aktionsfeld, das eine umfassende Zusammenarbeit mit anderen betrieblichen Gestaltern notwendig macht. Notwendig dazu ist allerdings, dass sich sowohl der betriebliche Arbeitsschutz von einer auf die Verhütung von Unfällen und Reduzierung von Arbeitsunfähigkeitstagen zentrierten hin zu einer ganzheitlichen Sichtweise entwickelt.

6. Literatur

1. Hacker, W. 1986. Arbeitspsychologie, Schriften zur Arbeitspsychologie Band 41. Bern: Huber.
2. Kohn, M. 2006, Invarianten für den Arbeitsschutz bei mobiler IT-gestützter Arbeit. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg.), Innovation für Arbeit und Organisation. Dortmund: GfA-Press, 205-208.
3. Pickshaus, K. 1995, Hinter den Kulissen der Multimedia-Welt: Neue Arbeitsbedingungen und Arbeitsschutzprobleme, TELEWISA
4. (<http://www.telewisa.de/gesund.html>) (Zugriff: Jan. 08).
5. TBS - Technologieberatungsstelle beim DGB NRW (Hrsg.) 2007, Mobile Arbeit – kompetent und gesund?, Sonderdruck aus Gute Arbeit 4/2007, Dokumentation der Fachtagung „Mobile Arbeit“, Februar 2007.

Fachkräftemangel auf Facharbeitsebene im Metall- und Elektrosektor? – Ergebnisse einer berufswissenschaftlichen Studie

Lars WINDELBAND

*Institut Technik und Bildung (ITB), Universität Bremen,
Am Fallturm 1, D-28334 Bremen*

Kurzfassung: Trotz der nach wie vor hohen Arbeitslosenzahlen in den meisten europäischen Ländern stellt der bestehende Fachkräftemangel ein ernsthaftes Problem für viele Unternehmen dar. Die Ursache ist zum Teil auf eine Diskrepanz zwischen bestehenden Arbeitsmarktanforderungen und vorhandenen Qualifikationsprofilen der Bewerber zurückzuführen. Diese Situation wird verschärft durch den Einfluss des demographischen Wandels. Es ist zu erwarten, dass der Fachkräftemangel mittel- und langfristig die Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen negativ beeinflusst, wenn keine geeigneten Maßnahmen ergriffen werden. Das Projekt „Shortage of Skilled Workers“ setzt bei den Schwierigkeiten vieler Unternehmen an, eigene Qualifizierungs- sowie Personalentwicklungskonzepte auf der Facharbeiterebene zur Vermeidung eines Fachkräftemangels zu entwickeln und umzusetzen.

Schlüsselwörter: Fachkräftemangel, Facharbeit, berufswissenschaftliche Forschung, Personalentwicklungskonzepte.

1. Einleitung

Unternehmen klagen immer mehr über einen erheblichen Fachkräftemangel auch auf der Facharbeitsebene im Metall- und Elektrosektor. Einige Experten sehen darin erst den Anfang einer langfristigen, sich weiter zuspitzenden Entwicklung. So prophezeite der Geschäftsführer eines mittelständischen Maschinenbauunternehmens kürzlich: „Was wir jetzt erleben, ist erst das Warmlaufen für den Kampf um gute Arbeitskräfte“.

Das Projekt „Shortage of Skilled Workers“ greift diese Schwierigkeiten auf und zielt darauf ab, zusammen mit Betrieben Konzepte zur Vermeidung des Fachkräftemangels zu entwickeln. In dem Leonardo-Projekt kooperieren Partner aus sechs europäischen Ländern. Das Anliegen besteht in der Entwicklung von personalwirtschaftlichen Instrumenten in Unternehmen für die Ebene gut qualifizierter Facharbeiter zur Vorbeugung und/oder Beseitigung von Fachkräftemangel. Neben Personalentwicklungskonzepten sowie Karriere- und Qualifizierungsplänen sind die betriebsinterne Weitergabe von Erfahrungswissen (Know-how-Transfer) sowie interne und externe Personalbeschaffungsstrategien wichtige Ansatzpunkte. Die im Rahmen des Projektes zu entwickelnden Instrumente sollen es ermöglichen, Mängel und potenzielle Bedarfe an Fachkräften in den Unternehmen frühzeitig zu identifizieren und diesen gezielt gegenzusteuern.

2. Berufswissenschaftliche Methode

Um Vorschläge für die Gestaltung von Maßnahmen zu Personalentwicklung und Qualifizierungsprozessen generieren zu können, ist es notwendig, die Arbeitswelt im Sektor inhaltlich zu erschließen. Dazu wird im Projektverlauf im ersten Schritt der Fachkräftemangel auf der shop-floor Ebene innerhalb des Sektors in allen Partnerländern analysiert. Ziel ist es, genau zu identifizieren in wie weit die vorhandenen Qualifikationsprofile der Beschäftigten für ihre Tätigkeit ausreichen und wo Lücken in der Fachkräftesituation sind bzw. in Zukunft entstehen (können). Auf der anderen Seite soll erarbeitet werden, welche Maßnahmen und Initiativen von Unternehmen zur Vorbeugung oder Reduzierung des Fachkräftemangels umgesetzt werden. Zur Analyse wird ein berufswissenschaftliches Forschungsdesign mit folgenden Methoden eingesetzt (vgl. Rauner et al. 1993; Windelband & Spöttl 2004; indelband 2006):

- Sektoranalyse (Identifikation von Sektorstrukturen, sozialen Faktoren, Beschäftigungs- und Technologiestrukturen, Fachkräftesituation/ Fachkräftemangel, wirtschaftliche Entwicklung, Qualifizierungsmodelle, Initiativen gegen den Fachkräftemangel im Sektor),
- Fallstudien (Untersuchung betrieblicher Arbeitsplätze, Arbeitsprozesse, Arbeits- und Betriebsorganisationsformen; Analyse von Betriebsstrukturen und Gesamtabläufen, Innovationsgeschehen, Rekrutierungsstrategien, Identifizierung von Qualifikationsbedarfen, Situation der Facharbeiter, Maßnahmen zur Vermeidung/Reduzierung des Fachkräftemangels).

3. Fachkräftesituation in der Metall- & Elektroindustrie

Auf einer volkswirtschaftlichen Wirkebene wird dem Fachkräftemangel bislang noch wenig Gewicht eingeräumt. Die IG-Metall spricht beispielsweise von einem „Phantom“ in Bezug auf die Debatte um den Arbeitskräftemangel aus einer volkswirtschaftlichen Sicht. Gleichwohl wird eingeräumt, dass damit noch nichts über die konkrete Situation beim jeweiligen Betrieb und in der Region ausgesagt wird (IG Metall 2007, S. 7). Für einzelne Wirtschaftszweige, Berufsgruppen und Regionen sehe es in der Tat anders aus. So gebe es aktuell zwar noch in allen Berufsgruppen mehr Arbeitslose als offene Stellen. Regional betrachtet gelte dieses Verhältnis jedoch nicht mehr.

In den in Deutschland durchgeführten Fallstudien konnte ein erheblicher Fachkräftemangel auf Facharbeiterebene identifiziert werden. Dabei wurden vor allem Berufe wie Zerspanungsmechaniker, Industriemechaniker, Werkzeugmechaniker, Mechatroniker und Elektroniker stark nachgefragt. Einige der Unternehmen berichteten auch über erhebliche Probleme, Auszubildende für diese Berufe zu finden. Durch diesen Mangel an Arbeitskräften kommt es in den untersuchten Unternehmen teilweise schon zu erheblichen Produktionseinbußen, wie das folgende Zitat veranschaulicht: „Wir können nicht im Zweischicht-Betrieb fahren, da uns das Personal fehlt“ (Zitat der Produktmanagerin eines mittleren Maschinenbauunternehmens).

Trotz der genannten unternehmensbezogenen Erkenntnisse ist auf einer gesamtvolkswirtschaftlichen Ebene ein Fachkräftemangel auf Facharbeiterebene bislang nur schwer nachweisbar. Es werden jedoch immer mehr Problemfelder sichtbar, die auf einen Facharbeiter bezogenen Fachkräftemangel auf regionaler Ebene und aus der Perspektive einzelner Unternehmen hindeuten. Im Folgenden werden sechs Problemfelder genannt, die im Rahmen des Projektes auf Basis der Sektoranalyse und der Erkenntnisse aus den Unternehmensfallstudien gewonnen werden konnten.

- Mangel an Auszubildenden, die eine technische Ausbildung wählen
- Rekrutierungsprobleme bei den Auszubildenden

- Rückgang der Ausbildungszahlen
- Rekrutierung von Facharbeitern/Fachkräften
- Sicherung des Fachkräftebestandes im Unternehmen
- Qualifikationsdefizite auf Facharbeiterebene

4. Initiativen und Konzepte gegen den Fachkräftemangel im Sektor

Die Erkenntnisse aus den bislang durchgeführten Fallstudien lassen eine Vielzahl von Maßnahmen erkennen, die bereits umgesetzt werden oder künftig im Sektor genutzt werden können, um einen Mangel an Fachkräften zu vermeiden bzw. zu bekämpfen. Die Maßnahmen und Konzepte lassen sich in verschiedene Handlungsbereiche zuordnen. Im folgenden wird nur eine Auswahl von Handlungsbereichen vorgestellt.

4.1 Betriebliche Ausbildung

Zur Vermeidung von Fachkräftemangel bietet sich als ein strategisches Handlungsfeld die betriebliche Ausbildung an. In den Fallstudien wurde deutlich, dass als ein best-practice-Ansatz viel Engagement in die Ausbildung investiert wird, um so unternehmensintern die nötigen Nachwuchskräfte zu entwickeln. Ein besonderer Vorteil wird darin gesehen, dass künftige Facharbeiter bereits in der Ausbildung den Schritt der sozialen und fachlichen Adaptation an die spezifischen Rahmenbedingungen des Unternehmens vollziehen. Rahmenbedingungen für eine optimale Nutzung des Mittels der betrieblichen Ausbildung setzen bereits einige Zeit vor Beginn der Ausbildung an. So finden sich in Unternehmen vielfältige Anstrengungen, um ein positives Arbeitgeberimage aufzubauen und andererseits, um Schüler und teilweise sogar Kinder im Kindergartenalter frühzeitig an das Unternehmen als potenzieller Ausbildungsbetrieb zu binden. Eine Auswahl der hierzu eingesetzten Maßnahmen zeigt, die unterschiedlichen Aktivitäten der Unternehmen.

- Kooperation mit Kindergärten, um Kinder für Technik zu begeistern,
- Anbieten spezieller Kurse in Schulen (z.B. Bewerbungstrainings),
- Kontaktaufnahme und regelmäßige Pflege mit den Eltern der Schüler,
- Qualifizierung des schulischen Lehrpersonals (Technik-Know-How),
- Anbieten von Schulpraktika im Unternehmen und Teilnahme an Ausbildungsmessen,
- Angebot elektrotechnisch ausgerichteter Kurse an Schulen,
- Durchführung von Projektwochen im Unternehmen für Schüler,
- Förderung von Mädchen und Frauen in technischen Berufen.

4.2 Rekrutierung (extern)

Die klassische Form der externen Personalrekrutierung wird von den Unternehmen als eher problematisch in Bezug auf die ausreichende Versorgung mit qualifizierten Fachkräften auf Facharbeiter-Niveau bewertet. Bemängelt werden einerseits eine unzureichende Anzahl von Facharbeitern am Markt, zum anderen die fehlende Mobilität dieser Zielgruppe. Dennoch bieten sich für Unternehmen einige hilfreiche Maßnahmen im Handlungsfeld des externen Rekrutierens:

- Als eine best-practice Strategie kann z.B. das explizite Rekrutieren auch älterer Facharbeiter genannt werden.
- Auch die Teilnahme an regionalen Jobmessen stellt ein Instrument zur zielgerichteten Rekrutierung von Facharbeitern aus der Region dar.
- Die Suche über das Internet oder das Rekrutieren über die Unternehmenswebpa-

ge lösen immer mehr die Stellenanzeigen in regionalen Zeitschriften ab.

4.3. Weiterbildung/Personalentwicklung

Das Handlungsfeld Weiterbildung/Personalentwicklung birgt wichtiges Potenzial im betrieblichen Umgang mit Fachkräftemangel auf der Ebene der Facharbeit. Hier finden sich vielfältige Möglichkeiten, um

- extern rekrutierte Mitarbeiter für die spezifischen Anforderungen der betrieblichen Produktionsbereiche zu qualifizieren;
- firmeninterne Facharbeiter auf einem den Anforderungen entsprechenden Qualifikationsstand zu halten und gemäß zukünftiger Entwicklungen zu qualifizieren;
- an- oder (in Einzelfällen) auch ungelernte Mitarbeiter für Facharbeitertätigkeiten "hochzuqualifizieren".

4.4 Wissensmanagement

In den Unternehmen wurde auf allen Ebenen die Notwendigkeit zur Dokumentation von Wissen betont. Erste Erfahrungen mit der "Abwanderung" bzw. dem Verlust von Expertenwissen, wenn erfahrene ältere Mitarbeiter aus dem Unternehmen ausscheiden, haben die Erkenntnis einer Notwendigkeit, solches Wissen durch Dokumentation im Unternehmen zu halten, bestärkt. Als entscheidend wird angesehen, das Spezialwissen der erfahrenen Facharbeiter im Umgang mit Anlagen und Produktionsabläufen, die sog. „Kniffe und Tricks“, zu explizieren.

5. Ausblick

Im weiteren Projektverlauf werden die bislang gewonnenen Erkenntnisse in Bezug auf die Facharbeitersituation und geeignete Strategien und Maßnahmen weiter an der Unternehmensrealität in der Metall- und Elektroindustrie zu überprüfen und ausdifferenzieren sein, um Instrumente zur Unterstützung der Personalentwicklung und damit zur Reduzierung des Fachkräftemangels zu entwickeln.

6. Literatur

1. IG Metall 2007, IG Metall Fachkräfte-Initiative. Die Welt ein unerschöpfliches Fachkräfte-Reservoir- Zuwanderung erleichtern ?. Frankfurt am Main: IG Metall.
2. Rauner, F., Spöttl, G., Olesen, K. & Clematide, B. 1993, Beschäftigung, Arbeit und Weiterbildung im Europäischen Kfz-Handwerk. Bremen: Studie im Rahmen des FORCE-Programms.
3. Windelband, L. 2006, Früherkennung des Qualifikationsbedarfs in der Berufsbildung. Bielefeld: Bertelsmann.
4. Windelband, L. & Spöttl, G. 2004, Entwicklung von berufswissenschaftlichen Forschungsinstrumenten zur Früherkennung von Qualifikationsbedarf – Leonardo Projekt „EarlyBird“. In: L. Windelband, B. Dworschak & S.L. Schmidt (Hrsg.), Qualifikationen für die Arbeit von morgen erkennen. Bielefeld: Bertelsmann, 39–62.

Das Projekt wird aus Mitteln der europäischen Kommission und Eigenmitteln der Projektbeteiligten gefördert. Die Projektleitung liegt beim Institut Technik und Bildung der Universität Bremen. Weitere Informationen unter www.sos-skilled-workers.eu.

Methoden und Leistungsbewertung

Suchaufgabe im peripheren Gesichtsfeld – Simulatortest zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit unter Alkohol und Medikamenteneinfluss

Marino MENOZZI und Philippe BLUM

*Technology and Innovation Management, ETH Zürich,
Leonhardsstrasse 27, CH – 8092 Zürich*

Kurzfassung: Detektierbarkeit d' und Kriterium C werden mittels einer Suchaufgabe ermittelt, bei der periphere Sehreize auf einen bewegten Hintergrund überlagert dargeboten werden. Ebenfalls wird die Reaktionszeit für die Antwort bei der Suchaufgabe ermittelt. Bei einem Vergleich der Abhängigkeit von d' und C sowie der Reaktionszeit von der Blutalkoholkonzentration nahmen 14 Versuchspersonen Teil. Es zeigt sich, dass bei einer Blutalkoholkonzentration zwischen 0 – 0.5 ‰/‰ die Detektierbarkeit der Reaktionszeit als Indikator für die Leistung überlegen ist. Wir schlagen deshalb vor, bei Aufgaben mit kognitivem Anteil, wie z. B. dem Autofahren, die Detektierbarkeit als Leistungsmaß zu berücksichtigen.

Schlüsselwörter: Sehen, Kognition, Alkohol, Fahrtauglichkeit.

1. Einleitung

Die Verrichtung von Arbeiten unter Medikamenten- und Alkoholeinfluss ist keine Seltenheit. Nicht immer liegen Grenzwerte für den Konsum von Alkohol oder Medikamenten vor, die eine risikoarme Verrichtung einer Tätigkeit gewährleisten. Die Ermittlung des Einflusses von Alkohol und Medikamenten auf das Leistungsvermögen ist problematisch, denn dieser lässt sich in der Regel nicht im Feld bestimmen. Ein Feldexperiment dieser Art birgt einerseits ein unkontrollierbares Risiko für die Gesundheit auch nicht direkt beteiligter Personen. Zum anderen ist die Kontrolle von Einflussvariablen unter Feldbedingungen schwierig. Deshalb werden Grenzwerte bei Aufgaben ermittelt, die unter möglichst sicheren und kontrollierbaren Bedingungen durchgeführt werden. Beispiele solcher Tests sind Seh- oder Reaktionsteste.

Die Übertragbarkeit von Ergebnissen, die mit Tests unter Bedingungen gewonnen wurden, die von den realen, bei der Durchführung einer Aufgabe vorliegenden Bedingungen abweichen, ist fraglich. Beispielsweise wurde nachgewiesen, dass die üblichen, in Zusammenhang mit der Bestimmung der Fahrtauglichkeit durchgeführten Sehtests, nur eine geringe Aussagekraft in Bezug auf das unfallfreie Lenken von Kraftfahrzeugen besitzen (Charman 1997). Die Übertragbarkeit wird verbessert, je näher die Versuchsbedingungen bei der Realität liegen. Insbesondere gilt für das Autofahren, dass die getrennte Untersuchung physiologischer Funktionen alleine, wenig Rückschluss auf die Fahrfähigkeit zulässt. Vielmehr müssen zur Beurteilung der Fahrfähigkeit kognitive Fähigkeiten, wie die Fähigkeit der gleichzeitigen Verarbeitung zentraler und peripherer Reize, miteingefasst werden.

In einem von Ball und Mitarbeiter entwickelten Test (Ball et al. 1993), den sog. Useful Field of Vision (UFOV) Test, wird die Fähigkeit der gleichzeitigen Verarbeitung zentraler und peripherer visueller Reize ermittelt. Ball et al. (1993) wiesen nach, dass der UFOV eine signifikante Aussagekraft in Bezug auf die Fahrfähigkeit älterer Per-

sonen besitzt.

Für die Beurteilung der Leistungsfähigkeit bei Aufgaben, die eine geteilte Aufmerksamkeit erfordern, haben wir einen Test erstellt, der dem UFOV nachempfunden ist. Die mit dem Test in Abhängigkeit der Blutalkoholkonzentration ermittelten Ergebnisse werden mit der Abhängigkeit der Reaktionszeit von der Blutalkoholkonzentration verglichen.

2. Methode

Der Versuchsaufbau ist detailliert bei Menozzi et al. (2003) und Menozzi et al. (2007) beschrieben. Tachistoskopisch wird eine sechsziffrige Zahl an eine der sechs vorgesehenen, peripheren Stellen im Gesichtsfeld für die Dauer von 300 ms eingeblendet. Die Versuchsperson (VP) hat die Aufgabe, die Zahl nach der Ziffer 3 zu durchsuchen. Mittels rechtem oder linkem Mausklick gibt die VP an, ob sie die Ziffer 3 in der dargebotenen Zahl entdeckt hat oder nicht. Die Versuchsperson wird angewiesen, möglichst genau und möglichst schnell zu antworten. Diese Aufgabe wird insgesamt 144 Mal wiederholt. Dabei kommen alle Kombinationen der Position der Ziffer 3 innerhalb der Zahl, der Position der Zahl im peripheren Gesichtsfeld sowie das Auftreten der Ziffer 3 in der Zahl zwei Mal vor, sodass die VP insgesamt 144 Darbietungen beurteilt. Während des Versuches wird gleichzeitig die Videoaufnahme einer vom Fahrerstandpunkt aufgenommenen Autofahrt durch die Stadt Zürich als Distraktor zur gestellten Aufgabe dargeboten. Abbildung 1 zeigt schematisch den Aufbau des Versuches.

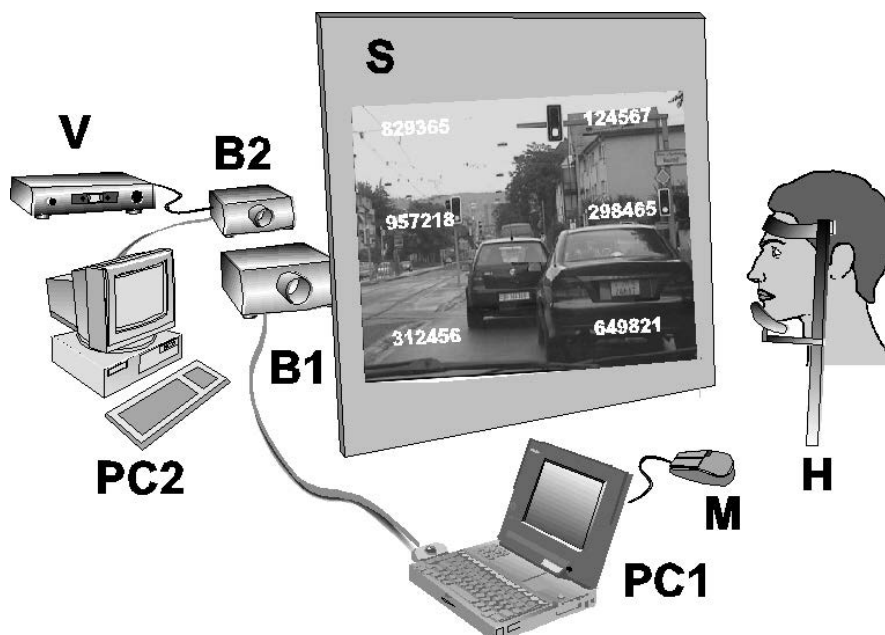


Abbildung 1: Schematischer Aufbau des Versuches zur Bestimmung von Detektierbarkeit, Kriterium und Reaktionszeit bei der Entdeckung peripher dargebotener Sehreize. S: Schirm, V: Videoabspielgerät, B1 und B2: Beamer, PC1 und PC2: Personal Computer, M: Maus, H: Kinn- und Stirnstütze

Aus den Antworten der VP wird die Reaktionszeit als Differenz zwischen dem Zeitpunkt des Auftretens der Zahl und dem Zeitpunkt des Klicks via Software, sowie die Anzahl der Treffer und der falschen Alarme ermittelt, woraus sich die Detektier-

barkeit d' und das Kriterium C berechnen lässt.

Vor Versuchsbeginn übt die VP die Aufgabe anhand von zehn Darbietungen. Danach führt die VP in nüchternem Zustand die Beurteilung eines Blocks mit insgesamt 144 Darbietungen durch. Gleich nach dieser ersten Beurteilung, zum Zeitpunkt T_0 , wird der VP eine auf ihr Gewicht etc. berechnete Menge Alkohol verabreicht, um eine maximale Blutalkoholkonzentration (BAK) von 0,50 – 0,52‰ nach 40 min zu erreichen (s. dazu Watson et al. 1981). Bei $T_0 + 40$ min sowie bei $T_0 + 70$ min und $T_0 + 100$ min führt die VP erneut die Beurteilung eines Blocks mit insgesamt 144 Darbietungen durch. Die BAK wird vor und nach jedem Block mittels eines Atemalkoholmeters (Lion alcolmeter, Typ SD-400; Lion Laboratories Limited, Vale of Glamorgan, UK) ermittelt.

3. Ergebnisse

Für den Versuch wurden sechs Frauen und acht Männer rekrutiert. Zwei der Männer, die über 50 Jahre alt waren, mussten nachträglich ausgeschlossen werden, da sie aufgrund der kurzen Präsentationszeit der Stimuli keine verlässlichen Antworten geben konnten. Für die restlichen VPn lag der Median der Altersverteilung für die Männer bei 31 J mit Quartilgrenzen bei 27 J und 43 J und für die Frauen bei 25 J mit Quartilgrenzen bei 24 J und 31 J. Der Verlauf der BAK in Abhängigkeit der Zeit nach der Einnahme des Alkohols ist in Abb. 2 dargestellt. Die Daten für Abb. 2 sind normal verteilt. Bei den Frauen wurden Alkoholabbauraten von 0,07‰/h – 0,18‰/h und bei den Männern von 0,10 – 0,17‰/h berechnet was zu einem Gesamtmittelwert von 0,14‰/h führt.

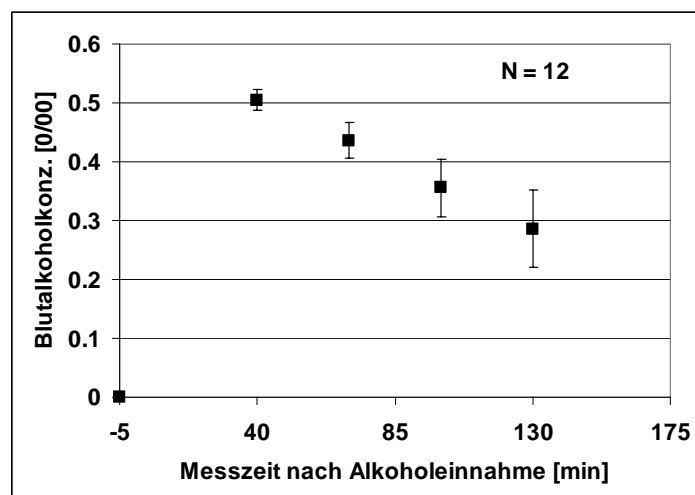


Abbildung 2: Verlauf des Mittelwertes und der Standardabweichung der Blutalkoholkonzentration (BAK) in Abhängigkeit der Zeit nach Einnahme einer individuell berechneten Menge Alkohol, mit der nach 40 Minuten eine BAK von 0,5‰ erreicht wird

Der Verlauf der Detektierbarkeit d' und der Reaktionszeit RT sind in Abhängigkeit der Zeit vor und nach der Alkoholeinnahme in Abbildung 3 wiedergegeben. Dabei bezieht sich die Zeitangabe T_0 auf den Zeitpunkt der Alkoholeinnahme. Die Detektierbarkeit d' (links) ist in Box – Plot Form dargestellt. Alle Daten sind normal verteilt. Eine einfaktorielle Varianzanalyse über die Detektierbarkeit d' ergibt keine signifikanten Unterschiede ($df=3$, $F=1.78$, $p=0.165$). Die Irrtumswahrscheinlichkeiten bei einer ANOVA über die verschiedenen Reaktionszeiten RT sind wesentlich größer

($p > 0.296$). Bei der RT für richtige Zurückweisungen zeigt eine ANOVA mit den Faktoren Block und Geschlecht eine Tendenz des Einflusses des Geschlechts ($p = 0.10$). Unter Alkoholeinfluss nehmen sich Frauen mehr Zeit (ca. 50 ms) bei der richtigen Zurückweisung. Ein paarweiser t-Test (abh. Stichprobe) über d' zeigt signifikante ($p < 0.05$) Unterschiede der Daten vor der Alkoholeinnahme mit T0+40 und zwischen T0+40 und T0+70 sowie zwischen T0+40 und T0+100. In Bezug auf das individuelle Kriterium C konnte keine signifikante Beeinflussung festgestellt werden.

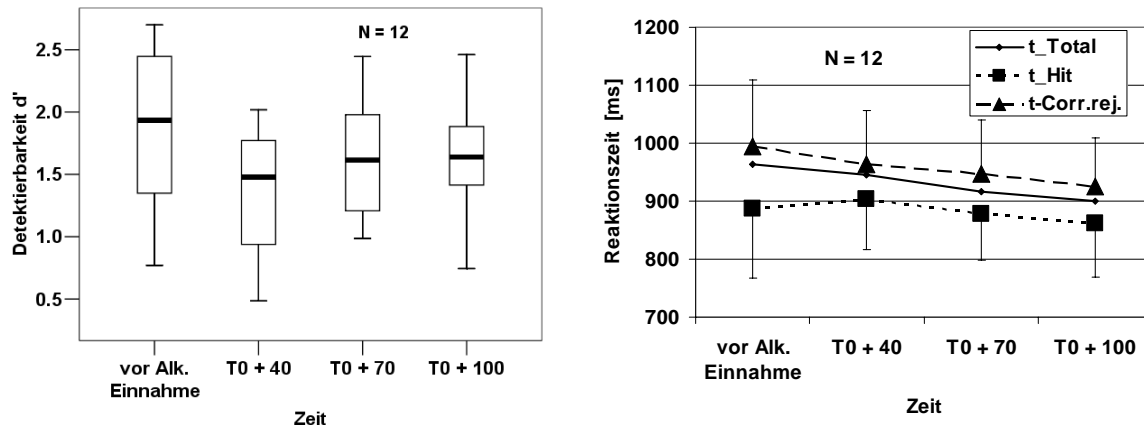


Abbildung 3: Verlauf der Detektierbarkeit d' (links, box - plot) und der Reaktionszeit (rechts, Mittelwert und Standardabweichung) in Abhängigkeit der Zeit vor- und nach (40, 70 bzw. 100 min) der Alkoholeinnahme. Die Reaktionszeit RT ist als RT für Treffen (t_{Hit}), RT für richtige Zurückweisung ($t_{Corr.rej.}$) und als Mittelwert von t_{Hit} und $t_{Corr.rej.}$ wiedergegeben (t_{Total})

4. Schlussfolgerungen und Diskussion

Die Datenlage verleitet zur Hypothese, dass die Reaktionszeit einem Trainingseffekt unterliegt, der sich bei der Detektierbarkeit nicht in derselben Ausprägung zeigt. Da die Detektieraufgabe kognitive Anforderungen stellt, ist anzunehmen, dass bereits bei Blutalkoholkonzentrationen unter 0,5 0/00 Leistungsminderungen auftreten, die sich auch beim Fahrverhalten zeigen würden. In der Literatur wird von Einflüssen ab 0,2 0/00 berichtet. In Zukunft wird der Testaufbau zur Untersuchung des Einflusses von Medikamenten auf die kognitive Leistung eingesetzt werden.

5. Literatur

1. Ball K., Owsley C., Sloane M. E., Roenker D. & Bruni J. R. 1993, Visual attention problems as predictor of vehicle crashes in older drivers, *Investigative Ophthalmology and Visual Science*, 33, 3110-3123.
2. Charman W. N. 1997, Vision and driving – a literature review and commentary, *Ophthalmics and Physiological Optics*, 17, 371 - 391.
3. Menozzi M., Hofer F., Näpflin U. & Krueger H. 2003, Visual performance in augmented reality for mobile use, *International Journal of Human – Computer Interaction*, 16, 447–460.
4. Menozzi M., Bergande B., Bonan J., Sury P. & Krueger H. 2007, Minimum amount of time required to retrieve peripheral numeric information in augmented-reality systems using a colour sequential DLP display, *Displays*, 28, 85-91.
5. Watson P.E., Watson L.D. & Batt R.D. 1981, Prediction of blood alcohol concentrations in human subjects: Updating the Widmark Equation; *Journal of Studies on Alcohol*, 42, 547-556.

Ein neuer Ansatz zur objektiven Diagnose von Bewegungseinschränkungen des Kopf-Hals-Schulter-Systems mit Hilfe provozierter Kopfbewegungen

Stefan LUTHERDT, Teodora KIKOVA, Martin HEINZE und Hartmut WITTE

*Fachgebiet Biomechatronik, Technische Universität Ilmenau,
Max-Planck-Ring 12, D-98693 Ilmenau*

Kurzfassung: Ärztliches Handeln zielt auf Verhaltensänderung. Ansatzpunkte sind die Psyche, physiologische Funktionen und anatomische Strukturen. Grundlage der Deutung und Beeinflussung dieser Systemelemente ist die Kenntnis der normalen Systemstruktur und –funktionen. Der vorgelegte Beitrag zeigt, dass sich bei medizinischen Fragestellungen mit dem Schwerpunkt Halswirbelsäule (HWS) und Schleudertrauma die naturwissenschaftliche Herangehensweise „Systemanalyse durch gezielte Systemprovokation – Identifikation von Systemparametern durch Reiz-Reaktions-Betrachtung“ bewährt. Dargestellt werden die Idee und eine mögliche Umsetzung eines neuen Messverfahrens zur gezielten Provokation der menschlichen HWS mit dem Ziel Findung von biologischen und biomechanischen Zusammenhängen und einen anschließenden Ansatz in der Diagnostik von HWS-Krankheiten.

Schlüsselwörter: Bewegungsanalyse, HWS-Provokationsdiagnostik, Schleudertrauma, Halswirbelsäulen-Tracking.

1. Motivation zur Entwicklung des Provokationsverfahrens

Die Entwicklung des hier vorgestellten Provokationsverfahrens motivierten besonders zwei Faktoren: das Fehlen einer einfachen und trotzdem objektiven Beurteilungsmöglichkeit für Bewegungseinschränkungen im Schulter-Hals-Bereich nach Unfällen sowie der stetig steigende Kostendruck im Gesundheitswesen. Dieser führt zu einer Nachfrage nach einfachen, nicht-invasiven (und kostengünstigen) Diagnoseverfahren zur Vorklärung bestimmter pathologischer bzw. traumatischer Veränderungen, die im Anschluss durch teurere Diagnoseverfahren näher spezifiziert werden können (Bär et. al. 1998).

Unfälle mit Schäden der HWS sind keine Seltenheit. Die meisten dieser Unfälle ereignen sich im Straßenverkehr. In diesem Zusammenhang spricht man häufig vom sog. „Schleudertrauma“ (whiplash injury) bzw. der sogenannten HWS-Distorsion (Begriff der Quebec Task Force). In der BRD wurden 2002 mehr als 300.000 Unfälle mit Beschleunigungstraumata der HWS festgestellt (Schmidt & Senn 2004). Gutachterlich bereiten dabei vor allem leichte HWS-Verletzungen mit chronischen Beschwerden Schwierigkeiten. Medizinisch ist es problematisch, genauere Aussagen über die Kausalität des Unfalles und die Folgeerscheinungen zu machen. Häufig bestehen auch Missverständnisse und Unterschiede bei der Begutachtung aufgrund fehlender objektiver Beurteilungskriterien und praktikabler Messverfahren. Die Güte der Diagnosestellung hängt deshalb vor allem von subjektiven Empfindungen des Arztes und seinen Erfahrungen ab. Um Feststellungen treffen zu können, in wieweit die vom Patienten geschilderten Beschwerden plausibel sind und auf das Unfallere-

eignis bezogen werden können, ist ein breites Spektrum an Untersuchungen und Begutachtungen notwendig. Darüber hinaus lässt sich auch nicht ausschließen, dass ein Teil der Patienten bestimmte Beschwerden zur Sicherung finanzieller Ansprüche überbetont.

Aus der Literatur ersichtlich werden seit vielen Jahren Methoden erprobt, welche die Gesamtbeweglichkeit der HWS beschreiben sollen. Aber die klinische Bestimmung der Bewegungsausmaße der HWS sowie insbesondere die Bestimmung des funktionellen Bewegungsablaufes sind nur schwer zu objektivieren. Es fehlen in der Praxis biomechanische Analyseverfahren für das Bewegungsorgan HWS, welche in der Lage sind, aus der Dynamik auf mögliche Schäden rückschließen zu können. Es fehlen darüber hinaus auch Kenntnisse über „normale“ Bewegungsmuster, bei deren Ausführung ein Hinweis auf mögliche Beschwerden und deren Kausalität gegeben werden können bzw. mittels denen Abweichungen von einer vorher zu bestimmenden Norm definiert und erfasst werden können. Die Diagnosekriterien eines Schleudertraumas sind nach wie vor umstritten (Grifka et. al. 1998; Schmidt & Senn 2004). Ein Verfahren zur Objektivierung von entsprechenden Bewegungseinschränkungen würde im zeitlichen Kontext zu einem Unfall die Diagnosestellung unterstützen.

2. Versuchsaufbau

Die Idee zum Versuchsaufbau entstand mit dem Wunsch, ein einfach zu bedienendes, kostengünstiges und nicht-invasives Verfahren zu entwickeln, mit dem mögliche Bewegungseinschränkungen auf Grund von Funktionsveränderungen dynamisch erfasst und beurteilt werden können. Dabei war es nicht das Nahziel, eine direkte Aussage über die Art der vorliegenden Erkrankung zu erhalten, sondern ein grundlegendes Verfahren zu entwickeln, mit welchem beantwortet werden kann, ob pathologisch bedingte Bewegungseinschränkungen vorliegen. Ausgangspunkt der Überlegungen waren Beobachtungen, dass Personen mit Krankheiten im zervikalen Bereich der Wirbelsäule neben den Schmerzen auch Bewegungseinschränkungen bzw. eine veränderte HWS-Stellung (Schonstellung) und veränderte Bewegungsmuster aufwiesen. Neben der Verringerung der Gesamtbeweglichkeit des Kopfes ist dabei die Art der Ausführung einzelner Bewegungen und deren Stetigkeit von entscheidender Bedeutung. Um die möglichen Bewegungsänderungen erfassen zu können, entstand das Prinzip aus Abbildung 1, welches im Verlauf der Analysen weiterentwickelt wurde.

Der grundlegende Ansatz zur Realisierung des Messsystems liegt darin, dass bei Verfolgung eines Ziels sowohl akustischer als auch visueller Natur der Kopf ab einem bestimmten Raumwinkel mitbewegt werden muss. Dies wird ausgenutzt, indem man diesem Ziel bestimmte Trajektorien vorgibt, die für die Zielfolgebewegung des Kopfes einen möglichst großen (im günstigsten Fall den durchschnittlich maximalen) Exkursionsraum benötigt. Damit ist die Beweglichkeit bzw. deren Einschränkung als Differenz aus der vorgegeben gewünschten Trajektorie des Kopfes und der tatsächlich ausgeführten Kopffolgebewegung ermittelbar. Als störend macht sich hierbei die Verkoppelung und Aufteilung der Blickfolgebewegung in Augen-, Kopf- und Rumpfbewegungen bemerkbar (Schmidt et. al. 2005). Deswegen wurde für die ersten Untersuchungen eine akustische Quelle als Ziel gewählt, da hierbei die Augenbewegungen vernachlässigt werden können. Der Einfluss der Rumpfbewegung wurde durch vergleichende Messungen untersucht (s. Ergebnisse).

Der prinzipielle Aufbau des Messsystems wird in Abbildung 1 ersichtlich. In einem

definierten Abstand vom Probanden wird ein (virtuelles) Ziel auf einer Trajektorie bewegt. Diesem Ziel soll adäquat mit dem mit dem Kopf gefolgt werden. Die Kopfbewegungen werden durch ein markerbasiertes Bewegungsanalysesystem aufgezeichnet und anschließend ausgewertet.

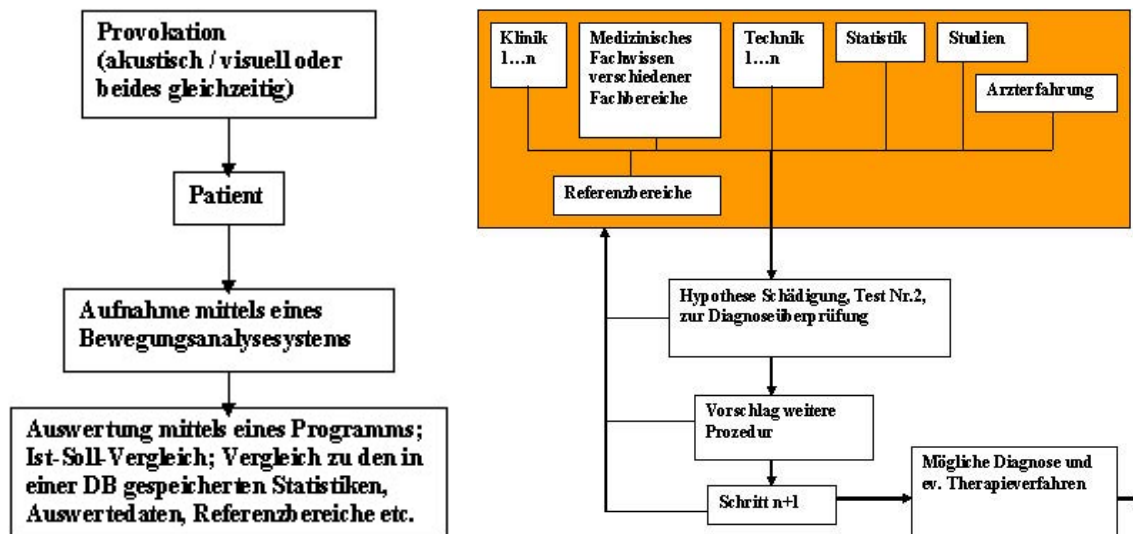


Abbildung 1: Prinzip des Aufnahmeverfahrens und der Auswertung (rechts Provokationsverfahren als Beispiel für die Technik, links Expertensystem)

Für die ersten Messreihen wurde das virtuelle Ziel durch ein modernes Raumklangsyntheseverfahren (der sog. „Wellenfeldsynthese“) der Firma IOSONO und des Institutes für Digitale Medientechnik (IDMT) der Fraunhofer Gesellschaft aus Ilmenau nachgebildet. Mit Hilfe dieses Systems lassen sich an beliebigen Punkten im Raum virtuelle Schallquellen erzeugen und auch auf vorgegebenen Bahnen bewegen. Für die Versuche wurden die virtuellen Schallquellen auf verschiedenen Kreis- und Ellipsenbahnen vor dem Probanden bewegt. Die Abbildung 2 zeigt eine Aufnahme aus dem Testlabor des IDMT mit aufgestelltem kameragestütztem Bewegungsanalysesystem (Fa. Qualisys).



Abbildung 2: Möglichkeit der visuellen (links) bzw. akustischen Provokation von Kopffolgebewegungen (Mitte) zur Diagnostik von Bewegungseinschränkungen der HWS und einfache Fixation des Oberkörpers (rechts), Heinze 2007)

3. Erste Ergebnisse

Mit den ersten Versuchen wurde die Machbarkeit des Verfahrens nachgewiesen. In diesen Anfangsstudien wurde gezeigt, dass das Messverfahren als Kombination eines Motion Capturing Systems mit optischer Projektion und/oder einem Raumklangsyntheseverfahren die erwünschte Provokation ermöglicht und die Bewegungen problemlos aufgezeichnet werden können. Der Proband/Patient sollte dabei aufrecht und fest angelehnt auf einem stabilen Stuhl sitzen (möglichst mit Lumbalstütze). Für die Aufzeichnung wurde eine Mütze mit drei Kopfmärkern sowie weitere Marker auf den Akromia und dem Brustbein benutzt. Die Bewegungsaufnahme erfolgte über vier bis sechs Infrarot-Kameras. Eine Fixation des Oberkörpers und der Schulter hat sich als nicht notwendig erwiesen. Es zeigte sich, dass bereits eine improvisierte Gurtung (s. Abb. 2) ausreicht, um eine signifikante Bewegungsunterdrückung zu erreichen. Da die Mitbewegung der Schultern schon im unbefestigten Setup deutlich unter 10% betrug, wurde für die weiteren Messungen auf eine Fixation verzichtet.

Die Auswertung der Tests mit randomisierten Trajektorien und variierenden Geschwindigkeiten des virtuellen Ziels brachten folgende Erkenntnisse: Es dauert ein bis eineinhalb Zyklen, bis die Bewegungsinformation voll aufgelöst wird. Danach folgte ein Zeitabschnitt, in dem das Ziel sehr gut und flüssig verfolgt wurde. Gegen Ende wird die Zielverfolgung bereits so genau, dass man Gewöhnungseffekte unterstellen kann. Die Phasendifferenz, um welche das Bewegungssignal dem Reizsignal nachläuft, entspricht 11,94% einem vollen Zyklus (mit 3 s Dauer) oder 358 ms Reaktionszeit. Bei langsameren Bewegungen waren deutlich mehr Antizipationseffekte nachweisbar. Der Phasenversatz entsprach dabei 5,73% eines Zyklusses oder

343 ms Reaktionszeit. Im Mittel war damit die Reaktionszeit relativ konstant bei etwa 350 ms unabhängig von der Bewegungsgeschwindigkeit (Heinze 2007).

Weitere Analysen ergaben, dass die vertikale akustische Auflösung (und damit Zielverfolgung) schlechter ausfiel als die horizontale. Dies bestätigte den bereits bekannten Unterschied in der jeweiligen Diskriminationsfähigkeit.

Die verwendeten elliptischen Trajektorien erwiesen sich trotz ihrer Einfachheit als brauchbar, können durch die Berechnungsvorschriften aber einfach auch durch Trajektorien z.B. in Form von komplexeren Lissajous-Figuren ersetzt werden.

4. Literatur

1. Bär, H.F., Witte, H.F., Pape, H.G. & Grifka, J. 1998, Bewegungsanalyse der Beschleunigungsverletzung, *Der Orthopäde*, 27, 827-833.
2. Grifka, J., Hedtmann, A., Pape, H., Witte, H. & Bär, H. 1998, Beschleunigungsverletzung der Halswirbelsäule, *Der Orthopäde*, 27, 802-812.
3. Heinze, M. 2007, Aufbau eines Gerätes zur Provokation von Kopfbewegungen zur objektiven Bestimmung pathologischer Zustände des Schulter-Hals-Kopf-Systems in Folge eines Schleudertraumas, Diplomarbeit. Ilmenau: Technische Universität Ilmenau.
4. Schmidt, H. & Senn, J. 2004, Schleudertrauma – neuester Stand: Medizin, Biomechanik, Recht und Case Management. Zürich: Verein Kopf und Kragen.
5. Schmidt, R.F., Lang, F. & Thews, G. (Hrsg.) 2005, Physiologie des Menschen mit Pathophysiologie, 29. vollständig neu bearbeitete und aktualisierte Auflage. Heidelberg: Springer.

ErgoLAB - Ein Tool zur softwaregestützten OWAS Analyse

Christian LANGE und Martin WOHLFARTER

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

Kurzfassung: Schlechte Arbeitsplatzergonomie verursacht jährlich immense Kosten. Die OWAS Methode ist ein sehr geeignetes aber auch aufwendiges Verfahren zur Beurteilung von Arbeitsplätzen. Um dem Anwender die OWAS Analyse zu erleichtern, wurde das Tool ErgoLAB entwickelt. Dieses Softwareprogramm, das im Rahmen des Papers detailliert vorgestellt wird, unterstützt den Anwender sowohl bei der Datenaufnahme und -analyse und beseitigt eine Reihe an Problemen, die bislang eine breite Anwendung der OWAS Methode erschwert haben.

Schlüsselwörter: OWAS, Arbeitsplatzanalyse, Haltungsanalyse, Produktionsergonomie.

1. Motivation

Durch Leistungsausfälle und Behandlungs- bzw. Rehabilitationsmaßnahmen zur Wiederherstellung der Arbeitsfähigkeit, entstehen nach Rühmann (2004) jährlich in Deutschland Kosten in Höhe von etwa 95 Milliarden Euro. Davon nehmen nach Schätzungen der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin die volkswirtschaftlichen Produktionsausfälle 45 Milliarden Euro ein. Die übrigen 50 Milliarden Euro werden durch Behandlungs- und Rehakosten verursacht. Da 20-30% der aufgeführten Kosten als arbeitsbedingt betrachtet werden, können durch organisatorische, sicherheitstechnische und ergonomische Maßnahmen nahezu 30 Milliarden Euro eingespart werden.

Um jedoch gezielt Maßnahmen zur Verbesserung der Arbeitsbedingungen durchführen zu können, muss zunächst einmal analysiert werden, welche Arbeitsplätze potentiell gesundheitsschädlich sind. Hierfür gibt es mehrere objektive Beurteilungsverfahren. Ein Verfahren das auf ein sehr breites Feld an Arbeitsplätzen angewendet werden kann (siehe hierzu BGIA Report 4/2005), ist die so genannte OWAS Methode (Ovako Working Posture Analysing System). Die Mitte der 1970er Jahre entwickelte OWAS Methode ist ein Multimoment-Verfahren zur Klassifizierung und Bewertung von Körperhaltungen in Verbindung mit Lasthandhabung.

Momentan erfolgt die OWAS Analyse so, dass ein Arbeitsplatz bzw. der entsprechende Arbeiter über einen vollen Arbeitstag mit einer Videokamera gefilmt wird. Diese Videos werden dann im Nachhinein von einem Spezialisten analysiert. Dazu muss dieser das Video ablaufen lassen und alle 30 Sekunden anhalten, um dann in diesem Moment über einen 5-stelligen Zifferncode die Körperhaltung und das Lastgewicht zu beurteilen. Insgesamt muss der Auswerter, neben dem aufwendigen Vorspulen, den Zifferncode für 336 Arbeitshaltungen plus fünf weitere Kopfhaltungen auswendig wissen und für jede Körperhaltung vermerken, ob diese mehr statischer oder dynamischer Art ist. Anhand der eingegebenen Zifferncodes wird neben der prozentualen Verteilung aller Körperhaltungen in vier Maßnahmenklassen, auch die Häufigkeit des Vorkommens einzelner Körperteilhaltungen ermittelt. Wie man sich vorstellen kann, ist diese rein händische Datenauswertung sehr aufwendig. Daneben

ist es von jedem Betriebsrat ungern gesehen, wenn am Arbeitsplatz Videos aufgezeichnet werden, da dadurch zusätzlich zur Verbesserung der Arbeitsbedingungen auch die Taktzeiten optimiert werden könnten.

Damit die OWAS Methode eine breite Anwendung findet, müssen die vorstehend genannten Nachteile beseitigt und somit der Datenaufnahme- und Analyseprozess deutlich vereinfacht werden. Infolgedessen lassen sich folgende Anforderungen an ein Hilfswerkzeug zur OWAS Analyse definieren:

- Kein Aufnehmen von Videodaten
- Keine aufwendige Apparatur zur Datenaufnahme
- Kein zeitraubendes Suchen der zu klassifizierenden Körperhaltung in einem Video
- Erleichterte und schnelle Haltungsklassifizierung
- Automatische Generierung eines Ergebnisses nach fertiggestellter Haltungs-klassifizierung
- Kein Spezialist zur Durchführung notwendig

2. Umsetzung

Nachfolgend wird die Umsetzung des Tools ErgoLAB näher beschrieben. Um mit ErgoLAB die Haltungsdaten des Arbeiters an dessen Arbeitsplatz vor Ort aufzunehmen, benötigt man lediglich einen Laptop oder PC und eine Webcam (siehe Abbildung 1 links).

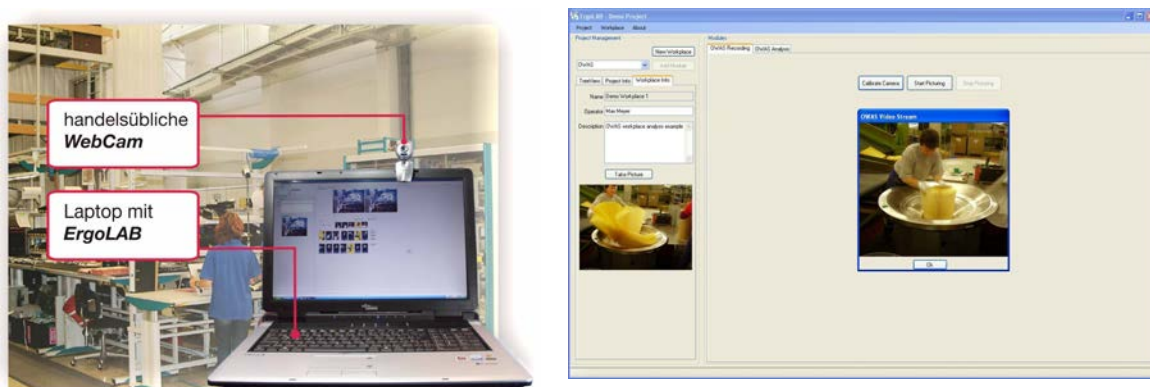


Abbildung 1: Links: Benötigte Ausstattung zur Durchführung von OWAS Analysen mit dem Tool ErgoLAB. Rechts: Kalibrieren der Webcam, so dass der Arbeitsplatz optimal aufgenommen wird

Die Software hat eine so genannte „Projekt – Arbeitsplatz Struktur“. Das bedeutet, bevor mit der Aufnahme der Haltungsdaten begonnen wird, definiert man zunächst ein Projekt, in dessen Rahmen die Datenerhebung stattfindet. Dabei hat der Anwender die Möglichkeit über eine Eingabemaske dem Projekt einen Namen zu geben (z.B. Fertigungsbetrieb XY). Ferner kann er in entsprechende Eingabefelder weitere Informationen, wie beispielsweise den Projektverantwortlichen, die Projektdauer sowie eine detaillierte Projektbeschreibung, hinzufügen. Nach Abschluss der Projektdefinition wird ein entsprechender Projektordner auf der Festplatte angelegt und die eingegebenen Informationen in einer *.elab Datei gespeichert. Innerhalb des Projektes ist ErgoLAB in der Lage verschiedene „Arbeitsplätze“ anzulegen, für die dann eine OWAS Analyse durchgeführt werden kann. Bei jeder Arbeitsplatzdefinition er-

scheint wiederum eine Eingabemaske, in der man dem Arbeitsplatz einen Namen geben und eine detaillierte Arbeitsplatzbeschreibung hinzufügen kann. Ferner besteht immer die Möglichkeit, über die angeschlossene Webcam ein Foto des Arbeitsplatzes aufzunehmen, welches automatisch in die Ergebnisdokumentation eingefügt wird. Für jeden Arbeitsplatz wird nach dessen Definition innerhalb des Projektordners ein eigener Arbeitsplatzordner sowie in der Baumstruktur (siehe Abbildung 2 links auf der linken Seite) ein entsprechender Eintrag mit dem Namen des Arbeitsplatzes angelegt. Wenn ein Arbeitsplatz erzeugt ist, kann für diesen mit der Aufnahme der Haltungsdaten des Arbeiters begonnen werden. Hierfür ermöglicht es ErgoLAB in dem Karteireiter „OWAS Recording“, der jedem Arbeitsplatz zugeordnet ist, dass zunächst das Bild der Webcam, welche die Haltungsdaten aufnimmt, kalibriert wird. Nach Betätigen des Buttons „Calibrate Picturing“ (siehe Abbildung 1 rechts) kann die Webcam so eingestellt werden, dass der Arbeitsplatz optimal erfasst wird.

Nach dem Klicken des Buttons „Start Picturing“ beginnt die Datenaufnahme. Wichtig ist, dass dabei kein Video des Arbeitsplatzes aufgenommen, sondern lediglich alle 27s und 30s ein Foto erstellt und in den zugehörigen Arbeitsplatzordner gespeichert wird. Dadurch wird das vorstehend genannte Problem umgangen, dass durch eine Videoaufnahme eine Taktzeitoptimierung durchgeführt werden kann, denn dies ist anhand der wenigen aufgenommenen Bilder nicht möglich. Die laufende Datenaufnahme kann zu jedem Zeitpunkt angehalten und wieder gestartet werden, für den Fall, dass die Arbeit durch Pausen unterbrochen werden sollte. Wird vergessen, die Datenaufnahme während den Pausenzeiten zu unterbrechen, stellt dies für die spätere Analyse kein Problem dar, da die entsprechenden Leerbilder, wie nachstehend beschrieben wird, bei der Auswertung einfach übersprungen werden können.

Nach erfolgter Datenaufnahme können die Körperhaltungen in dem Karteireiter „OWAS Analysis“ ausgewertet werden. An dieser Stelle ist es wichtig anzumerken, dass die Auswertung auch schon beginnen kann, wenn die Datenaufnahme des entsprechenden Arbeitsplatzes noch läuft. Dann können die Körperhaltungen immer bis zu dem letzten aufgenommenen Bildpaar klassifiziert werden. Ebenso kann ein Arbeitsplatz ausgewertet werden, obwohl für einen anderen gerade die Datenaufnahme erfolgt. Der Wechsel zwischen den verschiedenen Arbeitsplätzen erfolgt über die Baumstruktur links neben den Karteireitern. Bei der Auswertung wird dem Anwender, wie in Abbildung 2 links zu sehen, das Bildpaar der jeweils nach 27s und 30s aufgenommenen Fotos dargestellt. Durch einen Vergleich der beiden Bilder kann der Auswerter erkennen, ob es sich um eine statische oder eine dynamische Körperhaltung handelt und dies über das Betätigen des entsprechenden Buttons in der Buttongruppe „Movement Pattern“ dem Bildpaar zuweisen. Mit Hilfe der Buttongruppen „Head“, „Arms“, „Back“ und „Legs“ kann die Körperhaltung vollständig definiert werden. Das Betätigen eines Buttons wird durch das Umschalten der Farbe des Buttonhintergrundes rückgemeldet. Damit das Bildpaar vollständig charakterisiert ist, muss noch das Lastgewicht in dem Buttonfeld „Weight“ angegeben werden. Die Haltungsdefinition über eindeutige Haltungsbilder, nimmt dem Anwender die Kenntnis des 5-stelligen Zifferncodes für jede einzelne Haltung ab und ermöglicht auch unerfahrenen Anwendern der OWAS Methode einen schnellen und leichten Einstieg in deren Benutzung. Parallel dazu wird es aber auch erfahrenen OWAS Anwendern ermöglicht, in einem Zahlenfeld den 5-stelligen OWAS Code für jedes Bildpaar über das Tastaturfeld einzugeben. Ist die Haltung zu einem Zeitpunkt vollständig definiert, wird dem Anwender automatisch das nächste Bildpaar angezeigt. Die gemachte Haltungsdefinition ist für jedes Bildpaar abgespeichert und kann auch nachträglich noch geändert werden.

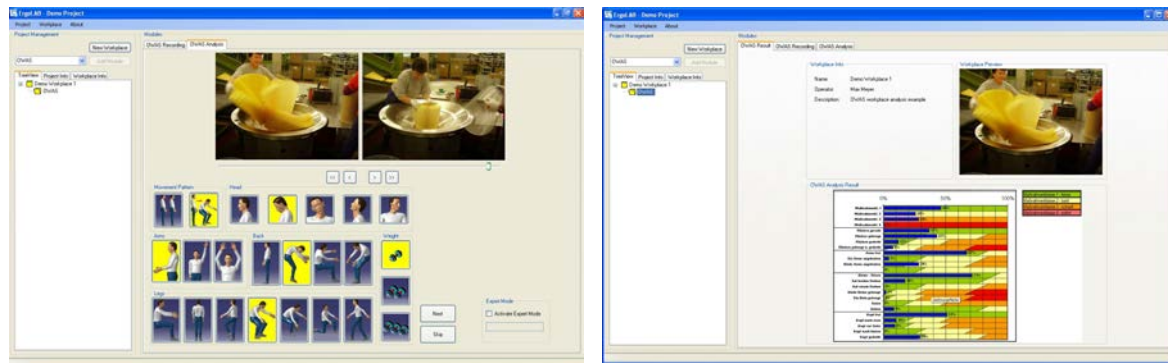


Abbildung 2: Links: Aussehen der grafischen Benutzeroberfläche beim Klassifizieren der Körperhaltungen. Rechts: Automatisch generierter Ergebnisreport eines Arbeitsplatzes

Anhand der Playerleiste unterhalb des Bildpaares kann der Anwender sehen, für wie viele Stunden die Haltungsdaten aufgenommen wurden und wo innerhalb seines Auswertzeitraumes er sich befindet. Die Buttons unterhalb der Playerleiste dienen zur Navigation innerhalb des Auswertzeitraumes. Damit können ggf. Bildpaare übersprungen werden, in denen beispielsweise der Arbeiter aufgrund einer Pause nicht an seinem Arbeitsplatz war. Des Weiteren können damit gezielt bereits bewertete Bildpaare nochmal betrachtet werden, um zu überprüfen, ob die gemachte Haltungs-klassifizierung korrekt ist. Geht man zu einem bereits bewerteten Bildpaar, wird dem Anwender über die Buttons in den Buttongruppen angezeigt, wie die Haltung klassifiziert wurde und er hat die Möglichkeit dies wieder zu ändern.

Sind alle Bildpaare fertig beurteilt, kann sich der Anwender über einen einfachen Mausklick einen Ergebnisreport erstellen lassen (siehe Abbildung 2 rechts), in dem die prozentuale Verteilung aller Körperhaltungen in die vier Maßnahmenklassen und auch die Häufigkeit des Vorkommens einzelner Körperteilhaltungen dargestellt wird. Ferner werden in diesem Ergebnisreport die anfangs eingegebenen Projekt- und Arbeitsplatzdaten visualisiert, damit der Leser des Berichtes nachvollziehen kann, zu welchem Arbeitsplatz die Daten gehören und wie diese im einzelnen entstanden sind.

Wie gezeigt, wird mit dem Tool ErgoLAB die Bewertung von Arbeitsplätzen mittels der OWAS Methode stark vereinfacht, was hoffentlich dazu beiträgt, dass die Methode zukünftig verstärkt eingesetzt wird.

3. Ausblick

Bislang ist ErgoLAB auf die Durchführung von OWAS Analysen beschränkt. Zukünftig sollen noch weitere Analysemodule, wie beispielsweise die Leitmerkmal-methode oder die NIOSH Methode, hinzukommen. Ferner soll die Möglichkeit geschaffen werden, dass neben Bilddaten auch andere Umweltergonomiedaten, wie das Umgebungsgeräusch, die Temperatur und die Arbeitsplatzbeleuchtung über einen vollen Arbeitstag aufgezeichnet und automatisiert analysiert werden. Ebenso soll es ein Modul geben, das eine subjektive Befragung des Arbeiters zu dessen Zufriedenheit und seiner empfundenen Beanspruchung erlaubt. Ferner kann über eine sinnvolle Kopplung mit dem ergonomischen Datenbanksystem EKIDES (siehe hierzu Jastrzebska-Fraczek & Bubb 2003 und Jastrzebska-Fraczek et al. 2006) nachgedacht werden. Dies würde eine ergonomische Optimierung der Arbeitsplätze ermög-

lichen, falls durch die ErgoLAB Analyse festgestellt wird, dass diese eine gesundheitsgefährdende Wirkung haben.

4. Literatur

1. BGIA 2004, Fachgespräch Ergonomie 2004, Zusammenfassung der Vorträge, gehalten während des Fachgespräches „Ergonomie“ am 15./16. November 2004 in Dresden, BGIA Report 4/2005.
2. Jastrzebska-Fraczek, I., Bubb, H. 2003, Software Design and Evaluation by Ergonomics Knowledge and Intelligent Design System (EKIDES), PsychNology Journal, 1, 378-390.
3. Jastrzebska-Fraczek I., Schmidtke H., Bubb H. & Karwowski W. 2006, Ergonomics Knowledge and Intelligent Design System (EKIDES) - Software Tool for Design, Assessment and Ergonomics Teaching. In: W. Karwowski (Edt.), International Encyclopedia of Ergonomics and Human Factors, 2nd Edition. London: Taylor & Francis.
4. Rühmann, P. 2004, Ergonomische Bewertung und Gestaltung von Produktionsarbeitsplätzen – nur eine Frage der Unternehmenskultur?, Ergonomie aktuell, Ausgabe 005, 2-6.

Bestandsaufnahme der Leistungs- und Potentialbeurteilungsverfahren bei Neueinstellungen - Praxis der Personalauswahl (2007)

Michael KÖCK und Maximilian SAILER

*Katholische Universität Eichstätt-Ingolstadt,
Ostenstraße 26, D-85072 Eichstätt*

Kurzfassung: Flexiblere Arbeitsverhältnisse und Arbeitskräftemangel führen zu hoher Personalfuktuation in Unternehmen. Die Studie zeigt, mit welchen Auswahlmethoden Unternehmen neue Mitarbeiter gewinnen.

Schlüsselwörter: Qualifikation-Kompetenz, E-Recruitment, Personalauswahlverfahren.

1. Einleitung

Verschiedene auf den Arbeitsmarkt wirkende Faktoren führen unter anderem zu flexibleren Arbeitsverhältnissen. Gleichzeitig zeichnet sich in manchen Branchen ein Arbeitskräftemangel ab, der Fachkräften einen Wechsel auf attraktivere Stellen erleichtert. Die daraus resultierende höhere Personalfuktuation in den Unternehmen zwingt die Personalabteilungen neben effektiven Personalmarketingmaßnahmen vor allem auch zum Einsatz effektiver und effizienter Formen der Personalauswahl.

Für die meisten Arbeitgeber ist es dabei wichtig, über eignungsdiagnostische Verfahren nicht nur formal nachweisbare oder allgemeine Qualifikationsgefüge in Erfahrung zu bringen, sondern darüber hinaus die Dispositionen zu ermitteln, die in konkreten Handlungssituationen leistungsrelevant zum Tragen kommen.

Diese werden nicht mehr nur in der berufs- und betriebspädagogischen Literatur in Abgrenzung zum eher formal justierten Qualifikationsbegriff unter dem subjektbezogenen Begriff Kompetenz zusammengefasst.

Je allgemeiner sich nun aber das Qualifikationsgefüge eines potentiellen Mitarbeiters im Rahmen eines (standardisierten) Auswahlverfahrens oder online-Tests darstellt, desto schwieriger ist es, eine Konvergenz zwischen den tätigkeitsbezogenen Stellenprofilen und den aus individuellen Bildungsverläufen resultierenden Qualifikationen herzustellen. Die Suche nach dem richtigen Mitarbeiter kann sich somit zu einer „Kaffeesatzleserei“ entwickeln, da im Grunde nicht nachgewiesen wird, ob der Mitarbeiter in der Lage ist – trotz seiner vorhanden Fähigkeiten und Qualifikationen – diese auch im täglichen Arbeitsvollzug anzuwenden.

2. Ziel der Untersuchung

Ziel der im Sommer 2007 durchgeführten Untersuchung war es, die momentane Praxis der Personalauswahl für verschiedene Personengruppen zu beleuchten. Neben der deskriptiven Darstellung der derzeitigen Praxis der Personalauswahl sollten durch die Untersuchung auch strukturelle Zusammenhänge aufgespürt werden, beispielsweise ob und in welchem Maße Unternehmensgröße, Branche, Auswahlverfahren

ren, Stellenkategorien sowie Beteiligte bei der Planung und Durchführung der Auswahlverfahren miteinander assoziiert sind.

Vor dem Hintergrund der zur Zeit eingesetzten Methoden der Personalauswahl, wie Interviews, standardisierten Tests oder standardisierten Assessment-Centern, war es ein weiteres Ziel der Untersuchung, herauszufinden, ob den jeweiligen Auswahlverfahren ein definiertes Qualifikationsprofil zugrunde liegt und wie nahe dieses Qualifikationsprofil an der tatsächlichen Tätigkeit des zukünftigen Stelleninhabers orientiert ist.

Außerdem sollten mit der Untersuchung Daten gewonnen werden, die eine aktuelle Bestandsaufnahme der rechnergestützten Aktivitäten im Bereich des Personalmarketings bzw. der Personalauswahl zulassen (E-Recruitment). Unter E-Recruitment (auch als Online-Recruiting oder Internet-Recruiting bezeichnet) werden alle Aktivitäten, Methoden und Prozesse verstanden, die im Kontext der Personalsuche und Personalauswahl via Internet eingesetzt und durchgeführt werden (De la Fontaine & Wild 2002).

3. Ergebnisse

3.1 Stichprobe

Die Erhebung wurde mittels eines unter Einsatz von PHP und MySQL programmierten Online-Fragebogen durchgeführt. Die Personalabteilungen bzw. die Personalverantwortlichen von 1400 deutschen Unternehmen und Niederlassungen erhielten auf postalischem Weg Kennung und Passwort, um sich an der Erhebung zu beteiligen.

Die Rücklaufquote der letztendlich knapp über tausend selbständigen Unternehmen betrug 10,2 %. Trotz der für Online-Befragung von Unternehmen nicht unüblichen aber geringen Rücklaufquote lässt sich zumindest für die größeren Unternehmen in Deutschland aus unserer Sicht ein hinreichend genaues Bild der Auswahl-situation zeichnen. Die Studie macht so auf Veränderungen aufmerksam und liefert Entwicklungstrends im Bereich der Personalauswahl. Berücksichtigt wurde in der Untersuchung die Auswahlpraxis am Beispiel verschiedener Personengruppen wie ungelernte Arbeiter, Auszubildende, Facharbeiter, Angestellte, Trainees sowie Führungskräfte. Die Ergebnisse sind mit ähnlichen Studien vergleichbar (z.B. Schuler et al. 1993).

3.2 Einsatzhäufigkeit der Personalauswahlverfahren

Bei den „klassischen“ Personalauswahlmethoden handelt es sich nach dieser Stichprobe um die „Analyse der Bewerbungsunterlagen“, das „Strukturierte Interview mit der Personalabteilung“, gefolgt vom „Strukturierten Interview mit der Fachabteilung“ (s. Tabelle 1). Der Blick auf die einzelnen Personengruppen erlaubt jedoch eine tiefer gehende Analyse der Einsatzhäufigkeit einzelner Verfahren. Vergleicht man hier die Zahlen mit denen der Studie von Schuler et al. (1993), ergeben sich zum Teil doch recht interessante Aspekte. Zwar handelt es sich um unterschiedliche Stichproben, aber die Grundgesamtheit ist miteinander vergleichbar und weist in etwa die gleichen Fallzahlen auf.

Quer über alle Personengruppen und Unternehmen ist die Auswertung der Bewerbungsunterlagen nach wie vor die gängigste Methode. Erheblich an Bedeutung

gewonnen hat das Assessment-Center, das gegenwärtig auch einen festen Platz bei der Auswahl von Auszubildenden im gewerblich-technischen wie im kaufmännischen Bereich einnimmt.

Tabelle 1: Einsatzhäufigkeit einzelner Auswahlverfahren in % über alle Personengruppen und Unternehmen der Stichprobe

Verfahren	Einsatzhäufigkeit in %	Verfahren	Einsatzhäufigkeit in %
Auswertung der Bewerbungsunterlagen	96,9	Tests: Intelligenztests	8,9
Einholen von Referenzen	25,8	Tests: Wissenstests	17,1
Assessment-Center (Methodenmix)	29,7	Tests: Psychomotorische Tests	1,7
Biographischer Fragebogen	8,4	Tests: Persönlichkeits-tests	10,5
Arbeitsproben	14,9	Tests: Leistungstests	10,6
Simulationen	5,4	Strukturierte Interviews mit Fachabteilung	63,5
Graphologisches Gutachten	0,0	Strukturierte Interviews mit Personalabteilung	68,4
Medizinische Untersuchung	19,6	Unstrukturierte Interviews mit Fachabteilung	22,9
Sonstige	10,5	Unstrukturierte Interviews mit Personalabteilung	19,0

Außer bei Ungelernten und Facharbeitern spielen Arbeitsproben eine nach wie vor untergeordnete Rolle. Testverfahren werden weiterhin vor allem bei der Einstellung von Auszubildenden eingesetzt. Dagegen zeigt sich in der Studie von 2007, dass neben dem Strukturierten Interview mit der Personalabteilung auch das Strukturierte Interview mit der Fachabteilung nun zum festen Bestandteil der Praxis der Personalauswahl gehört. Unstrukturierte Interviews haben bezogen auf die Stichprobe eine eher geringe Bedeutung.

3.3 Beteiligung am Auswahlverfahren

Wie zu erwarten war, ist die Personalabteilung am häufigsten an der Personalauswahl beteiligt, gefolgt von Angehörigen der Fachabteilungen. Mit zunehmender Unternehmensgröße wird die Beteiligung der Geschäftsleitung bzw. Unternehmensleitung an Personalauswahlverfahren geringer. Externe Berater spielen in dieser Stichprobe eine untergeordnete Rolle. Gleichwohl zeigt sich, dass mit zunehmender Unternehmensgröße die Beteiligung von externen Beratern am Personalauswahlverfahren abnimmt.

3.4 Orientierung der Personalauswahlmethoden an aufgestellten Qualifikationsanforderungen

Bei der Frage, ob sich die Personalauswahlverfahren an vorher aufgestellten Qualifikationsanforderungen orientieren, entfielen mit 42,6 % der Unternehmen die mei-

sten Nennungen auf die Kategorie „meistens“. In 20,8 % der Unternehmen findet eine solche Orientierung immer statt, in 16,8% häufig, in 6 % der Unternehmen selten oder nie. 11 % der Unternehmen gaben hier keine Antwort.

In Unternehmen bis zu 19.999 Mitarbeitern orientieren sich die Personalauswahlverfahren „meistens“ an vorher aufgestellten Qualifikationsanforderungen. Unternehmen mit 20.000 und mehr Mitarbeitern orientieren sich in 41,7 % der Fälle „immer“ an den aufgestellten Qualifikationsanforderungen.

3.5 Einsatz von E-Recruitment

Unternehmen mit mehr als 20.000 Mitarbeitern greifen eher auf elektronische Unterstützung bei der Bewerberauswahl zurück als kleinere Unternehmen. In immerhin 82 % dieser großen Unternehmen hat E-Recruitment Einzug erhalten. Dagegen verwenden zwei Drittel der an der Studie beteiligten Unternehmen mit einer Größe von 2000-7999 Mitarbeitern E-Recruitment derzeit nicht. In allen anderen Unternehmen hält sich der Einsatz bzw. Nicht-Einsatz von E-Recruitment ungefähr die Waage.

3.6 Funktionen von E-Recruitment

An den Daten der Stichprobe wird deutlich, dass die Funktionen, die das E-Recruitment derzeit erfüllt, auf wenige Bereiche reduziert bleiben. Neben der Funktion „Ausschreibung offener Positionen“, „der Verwaltung von Bewerberdaten“, „Zwischenfeedback“, „E-Mail Vorlagen“ spielt vor allem der „Marketingeffekt“ eine bedeutende Rolle. Aktive Formen des E-Recruitment, z.B. „Online-Assessment“ oder „Trainingssimulationen“ finden kaum bzw. keine Beachtung.

3.7 Stellenwert von E-Recruitment in den nächsten fünf Jahren

Die Frage nach der Bedeutung des E-Recruitments in den nächsten fünf Jahren liefert unter Berücksichtigung der Unternehmensgröße ein interessantes Ergebnis.

Zirka ein Viertel der befragten Unternehmen bis 7999 Mitarbeitern geht davon aus, dass der Stellenwert des E-Recruitments geringfügig sein wird. Etwa 50-60 % der Befragten dieser Gruppe glauben aber, dass E-Recruitment eine zunehmende Bedeutung erhält. In den Unternehmen mit 8000-19999 Mitarbeitern gehen ca. 80% der Befragten davon aus, dass der Stellenwert des E-Recruitments zunehmen wird. In den Unternehmen mit 20.000 und mehr Mitarbeitern messen über 90 % der Befragten dem E-Recruitment zukünftig eine größere Bedeutung zu.

4. Literatur

1. Fontaine, A. de la & Wild, B. 2002, Das Beste im Netz – Möglichkeiten und Grenzen der Personalauswahl im Internet. In: A. Peitz & R. Pfeiffer (Hrsg.), Personalauswahl international. Suche, Auswahl, Integration. Düsseldorf: Symposion Publishing, 69-91.
2. Schuler H., Frier, D. & Kauffmann, M. (Hrsg.) 1993, Personalauswahl im europäischen Vergleich. Göttingen: Hogrefe.

Kognitive Hilfen für die frühen Phasen der Produktentwicklung: Bewertungsunterstützung

Winfried HACKER, Constance WINKELMANN und Marlen MELZER

*Institut für Allgemeine Psychologie, Biopsychologie und Methoden der Psychologie,
Arbeitsgruppe „Wissen-Denken-Handeln“, Technische Universität Dresden,
Chemnitzer Str. 46 B, D-01187 Dresden*

Kurzfassung: Entwurfsproblemlösen wechselt in den frühen, schöpferischen Phasen zwischen intuitivem Entwerfen und rationalem Bewerten. Eine rationelle Unterstützung ist für das Bewerten möglich. Dazu eignet sich ein an den semantischen Relationen orientiertes Fragensystem zur Selbstbewertung. Der Nutzen eines generischen, aufgabenunabhängigen Systems wird dargelegt.

Schlüsselwörter: Design Problem Solving, Problemlösen, komplexe Probleme, Frage-Antwort-Technik.

1. Einordnung

Entwurfsproblemlösen (Design Problem Solving) wechselt in seinen schöpferischen frühen Phasen iterativ zwischen intuitivem Entwerfen und rationalem Auswerten (Smith & Brown 1993). Unterstützungen sollten sich daher auf die Bewertungsabschnitte beziehen. Bei der Suche nach Unterstützungsmöglichkeiten wurde bisher gezeigt, dass auch aufgabenunabhängige, d. h. potenziell auf verschiedene Probleme übertragbare Systeme von denkanregenden Fragen zu Konstruktionslösungen Lösungsverbesserungen auslösen können (Wetzstein 2004; Winkelmann 2005). Noch nicht geprüft wurde jedoch, ob dieser lösungsverbessernde Effekt der fragenbasierten Auseinandersetzung mit eigenen Lösungen tatsächlich bei verschiedenartigen Aufgaben vorliegt. Nur dann wäre ein übertragbares Fragensystem nützlich. Die Übertragbarkeit könnte bezweifelt werden u. a. in Bezug zu dem sog. Inhaltseffekt aus der denkpsychologischen Forschung. Unter anderem für Auswahlaufgaben (Wason, 1966) und für die Abfolgeplanung von Bearbeitungsschritten (Pascha et al. 2001) wurde nachgewiesen, dass der Aufgabeninhalt die Übertragbarkeit von ermittelten Regelmäßigkeiten begrenzt (hierzu auch Anderson 1999; Beller 1997; Beller & Spada 2003; Oaksford & Chater 1994). Daher wird in dieser Studie die Wirkung eines aufgabenunspezifischen Fragensystems bei zwei unterschiedlichen mechanischen Entwurfsaufgaben untersucht und seine Wirkungen bei beiden Aufgaben werden verglichen.

Bezüglich der Problemarten wurden zunächst Probleme vom Typ der Denksportaufgaben auf eine Lösungsunterstützung durch Fragen untersucht (Bartl & Dörner 1998; Strzalka & Strzalka 1986). Im letzten Jahrzehnt traten zunehmend praxisnahe Probleme wie die Trainingsverfahrenentwicklung, die Koordination bei Gruppenarbeit und das Entwerfen technischer Systeme (Design Problem Solving, u.a. in der Luft- und Raumfahrtindustrie) hinzu (u.a. Ahmed et al. 2000; Nägele et al. 2002; Wallace & Ahmed 2003).

Die Untersuchungen unserer Arbeitsgruppe (z.B. Wetzstein 2004; Winkelmann 2005; Winkelmann & Hacker 2006) konzentrieren sich auf Fragewort-Fragensysteme beim Entwerfen mechanischer Systeme mit dem Ziel, einen Beitrag für die konstruk-

tionsmethodische Ausbildung sowie die Berufsarbeit von Konstrukteuren beizusteuern. Das dabei genutzte System aus Fragewort-Fragen leitet zu einem strukturierten Vorgehen unter Berücksichtigung aller lösungsrelevanten Aspekte an. Fragewort-Fragen beziehen sich auf das System der semantischen Relationen, das zur Bearbeitung aller existierenden Beziehungen zu komplexen Systemen veranlassen kann (Klix 1993; Krause 2000).

Das vordringlichste noch offene Problem betrifft den Nachweis der behaupteten Gegenstandsunabhängigkeit und Übertragbarkeit, also der Nützlichkeit des Fragesystems bei verschiedenen technischen Entwurfsproblemen. Wir fragen:

- Welchen Einfluss hat das Beantworten von Fragewort-Fragen nach dem Entwerfen einer mechanischen Zugvorrichtung (für einen Bühnenvorhang) bzw. einer mechanischen Höhenverstellung (für ein Gartengerät) auf die Verbesserung der Lösungsgüte ?
- Welchen Einfluss hat die Art der Beantwortung der Fragen auf das Ausmaß der Verbesserung ?

2. Methode

2.1 Stichprobe

153 Studierende unterschiedlicher Fachrichtungen der Technischen Universität Dresden und der Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden, vorrangig im Grundstudium (68%), ohne abgeschlossene konstruktionsmethodische Ausbildung und ohne Berufserfahrung nahmen gegen Entgelt freiwillig an den Untersuchungen teil (Alter: 18 bis 47 Jahre ($M = 23$ Jahre; $SD = 4.3$ Jahre); 58% männlich).

2.2 Aufgaben und Material

Zu prüfen ist die Übertragbarkeit des Fragesystems auf Mechanikprobleme anderen Inhalts bei vergleichbarer Komplexität. Dafür gewählt wurde die Aufgabe „mechanische Zugvorrichtung für einen Bühnenvorhang“ mit spezifischen Anforderungen. Die Anforderungsstrukturanalyse von Schroda (2000) bewertet diese Entwurfsaufgabe ebenso wie die Aufgabe zur Höhenverstellung als einfache Anpassungskonstruktion (Winkelmann 2005).

Aufgrund von Inhaltseffekten, hier verstanden als möglicherweise verschiedene Assoziationen zu bekannten, übertragbaren Lösungen, ist eine unterschiedliche Lösungsgüte im Prätest bei den beiden Aufgaben nicht auszuschließen: Für die Frage nach der Aufgabenunabhängigkeit von Lösungsgüteverbesserungen durch die Interventionen wäre ein solcher Unterschied kein prinzipielles Hindernis, sofern Verbesserungsspielraum verbleibt, der Deckeneffekte ausschließt.

2.3 Unabhängige Variable

Untersucht wird (a) die Wirkung der Vorgabe vs. Nichtvorgabe des Fragenkatalogs für die Lösungsgüteverbesserung bei (b) den zwei Entwurfsaufgaben. Zusätzlich wird (c) die Art der Fragenbeantwortung bei diesen zwei verschiedenen Gegenständen geprüft: Je eine Gruppe von Teilnehmern erhielt die Instruktion, die ihnen vorgelegten Fragen still für sich zu beantworten bzw. die vom Versuchsleiter gestellten Fragen diesem laut zu beantworten.

Es bestand keine Zeitbegrenzung für die reflexive Auseinandersetzung mit der eigenen Lösung.

2.4 Abhängige Variable

Die Bewertung der Lösungsgüte vor sowie nach der Intervention erfolgte durch Konstrukteure anhand auftragsbezogener Bewertungsschemata.

Zur Prüfung der Urteilerunabhängigkeit für die Aufgabe „Zugvorrichtung“ wurden 10 Lösungsskizzen von einem zweiten Urteiler anhand des gleichen Schemas bewertet. Der ermittelte Wert von $k = .60$ erweist ausreichende Urteilerübereinstimmung. Die Urteilerübereinstimmung für die Aufgabe „Höhenverstellung“ wurde mit $k = .90$ als gut ermittelt.

3. Ergebnisse

Die fragengestützte Intervention führt bei beiden Aufgaben zur signifikanten Verbesserung der Lösungsgüte mit schwacher bis mittlerer Effektgröße. Die mittlere Größe der Lösungsgüteverbesserung unterscheidet sich zwischen den beiden Entwurfsaufgaben nicht signifikant.

Ohne die Fragenvorgabe, lediglich mit der Instruktion zum Überdenken der Lösung, liegt bei der Aufgabe „Höhenverstellung“ keine Verbesserung der Lösungsgüte vor. Bei der Aufgabe „Zugvorrichtung“ verbessert sich zwar auch die Gruppe ohne Vorgabe eines Fragenkatalogs bei der Instruktion zum Überdenken der Lösung, allerdings stellten sich leider die meisten Gruppenmitglieder selbst Fragen. Für die Teilgruppe, die sich selbst keine einschlägigen Fragen stellte, liegt auch bei dieser Aufgabe ohne Fragenvorgabe keine Lösungsgüteverbesserung vor.

Die Art der reflexiven Auseinandersetzung bei der Intervention, d. h. der Fragenbeantwortung, hat bei beiden Entwurfsaufgaben keinen Einfluss auf das Ausmaß der Lösungsgüteverbesserung.

4. Diskussion

Bei Vorgabe des Fragensystems zur Bewertungsunterstützung eigener (Zwischen-) Lösungen erzielten die Versuchsgruppen bei beiden mechanischen Aufgaben signifikante Verbesserungen von kleiner bis mittlerer Effektgröße. Bei der Kontrollgruppe ohne Vorgabe eines Fragensystems beim Überdenken (Aufgabe „Höhenverstellung“) sowie bei den Gruppenmitgliedern, die sich nicht spontan selbst Fragen zu ihren Lösungen stellten (Aufgabe „Vorhangzug“), wurden dagegen keine signifikanten Lösungsgüteverbesserungen erzielt.

Mithin ist die Übertragbarkeit der gegenstandsunspezifischen Fragetechnik auf verschiedenartige anschauliche Problemstellungen der Mechanik gegeben. Dieses Ergebnis hat hohe praktische Bedeutung: Die Fragetechnik ist bei produktunspezifischer Formulierung unabhängig vom Entwurfsgegenstand geeignet, die Lösungsgüte im Mittel für Gruppen von Entwerfenden signifikant zu verbessern.

Weiterer Untersuchungsbedarf besteht: Lernpsychologisch interessiert die Integrationsmöglichkeit der Fragetechnik in die konstruktionsmethodische Aus- bzw. Weiterbildung; diesbezügliche Arbeiten sind angelaufen. Für eine anwendungsorientierte

Psychologie geistiger bzw. Wissensarbeit ist des Weiteren die Frage nach der Anwendbarkeit bei anderen Klassen von Entwurfsproblemen wesentlich.

5. Literatur

1. Ahmed, S., Wallace, K. M. & Blessing, L. T. M. 2000, Training Document – C-QuARK Method – The Experienced Designer's Approach to Design, Unpublished, Engineering Design Centre. Cambridge: Cambridge University.
2. Anderson, J. R. 1999, Cognitive Psychology and its Implications, 5th edition. New York: Freeman.
3. Bartl, C. & Dörner, D. 1998, Sprachlos beim Denken – zum Einfluss von Sprache auf die Problemlöse- und Gedächtnisleistung bei der Bearbeitung eines nicht-sprachlichen Problems, Sprache & Kognition, 17, 224-238.
4. Beller, S. 1997, Inhaltseffekte beim logischen Denken – Der Fall der Wason'schen Wahlaufgabe. Lengerich: Pabst.
5. Beller, S. & Spada, H. 2003, The logic of content effects in propositional reasoning: The case of conditional reasoning with a point of view, Thinking and Reasoning, 9, 335-378.
6. Klix, F. 1993. Erwachendes Denken. Heidelberg: Spectrum.
7. Krause, W. 2000, Denken und Gedächtnis aus naturwissenschaftlicher Sicht. Göttingen: Hogrefe.
8. Nägele, C., Gurtner, A., Tschan, F. & Semmer, N. 2002, Projekt IGR-SMM: Measures – Reflexivity: Konzept und Fragebogen, Dokumentation (Internes Papier 112-2002). Neuchâtel: Université de Neuchâtel, Groupe de Psychologie Appliquée.
9. Oaksford, M. & Chater, N. 1994, A rational analysis of the selection task as optimal data selection, Psychological Review, 101, 608-631.
10. Pascha, A., Schöppe, B. & Hacker, W. 2001, Was macht Planen kompliziert? Zum Einfluss von Aufgabenmerkmalen auf die Schwierigkeit der Abfolgeplanung, Zeitschrift für Psychologie, 209, 245 – 276.
11. Rasmussen, J. 1987, Cognitive Engineering. In: H.-J. Bullinger & B. Shackel (Eds.), Human-Computer Interaction – INTERACT '87. Amsterdam: North-Holland, XXV-XXX.
12. Smith, G. & Brown, G.J. 1993, Conceptual Foundations of Design Problem Solving, IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, 23, 1209-1219.
13. Strzalka, J. & Strzalka, F.-J. 1986, Perspektivisches Denken und Reflexionen beim Lösen eines komplexen Problems, Sprache & Kognition, 4, 202-210.
14. Wallace, K. & Ahmed, S. 2003, How Engineering Designers Obtain Information. In: U. Lindemann (Edt.), Human Behaviour in Design: Individuals, Teams, Tools. Berlin: Springer, 184-194.
15. Wason, P.C. 1966, Reasoning. In: B.M. Foss (Edt.), New Horizons in Psychology I. Hammonds-worth, UK: Penguin.
16. Wetzstein, A. 2004, Unterstützung der Innovationsentwicklung. Einfluss von wissensbezogenen Interaktionen insbesondere im kooperativen Problemlösen und fragenbasierter Reflexion. Regensburg: S. Roderer Verlag.
17. Winkelmann, C. 2005, Die Frage-Antwort-Technik für den Konstrukteur. Fragenbasierte Unterstützung der frühen Phasen des konstruktiven Entwurfsprozesses. Regensburg: S. Roderer Verlag.
18. Winkelmann, C. & Hacker, W. 2006, Erklärungsansätze für die Wirkung einer Frage-Antwort-Technik zur Unterstützung beim Design Problem Solving, Zeitschrift für Psychologie, 214, 73-86.

Integration arbeitswissenschaftlicher Aspekte als Voraussetzung einer integrierten Produkt- und Prozessgestaltung

Dunja B. EBERHARD und Klaus J. ZINK

*Institut für Technologie und Arbeit e.V., Technische Universität Kaiserslautern,
Kurt-Schumacher-Straße 74a, D-67663 Kaiserslautern*

Kurzfassung: Die Produktentwicklung wird in der jüngeren Vergangenheit verstärkt durch gesetzliche Rahmenbedingungen im Kontext der Nachhaltigkeitsdiskussion (z.B. das „Kreislaufwirtschaftsgesetz“) geprägt. Darüber hinaus werden die Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit der Produkte größer bzw. wird dieser Aspekt bei einer immer älter werdenden Gesellschaft auch zu einem wichtigen Mittel der Produktdifferenzierung. Dies führt zu erweiterten Anforderungen an die Produkt- und Prozessgestaltung.

Schlüsselwörter: Produkt- und Prozessgestaltung, Stakeholderorientierung, Gebrauchstauglichkeit.

1. Einleitung

Nach Schumpeter ist technologischer Wandel ein Prozess der kreativen Zerstörung, welcher unternehmerischen Stillstand in strukturelle Verbesserungen und Produktivitätssteigerungen zum Wohle der Gesellschaft überführt (Schumpeter 1943). Dieses Grundverständnis impliziert, dass alle unternehmerischen Aktivitäten auf einen nachhaltigen Umgang mit Ressourcen ausgerichtet sein sollen. Vor diesem Hintergrund ist die Qualität der Produkte aber auch des Produktentstehungsprozesses ein entscheidender Wettbewerbsfaktor für die Überlebensfähigkeit eines produzierenden Unternehmens. Zudem werden Unternehmen aufgrund neuer gesetzlicher Regelungen verpflichtet, ihre Produkte nachhaltig am gesamten Lebenszyklus auszurichten. Darüber hinaus differenzieren Kunden Produkte über das Kriterium der Gebrauchstauglichkeit.

2. Integration arbeitswissenschaftlicher Aspekte in ein integratives Produktmanagement

Die Integration arbeitswissenschaftlicher bzw. ergonomischer Aspekte in die Planung von Arbeitssystemen beginnt schon bei der Integration in den Produktentwicklungsprozess. Ergonomische Ansätze werden traditionell als Kosten verursachend und an gesetzliche Richtlinien gebunden gesehen, wobei das Potential einer frühen Integration in die Produktentwicklung bislang nicht selten vernachlässigt wurde. Da eine derart „redefinierte“ Produktentwicklung in enger Verbindung mit der Produktion und insbesondere mit der Montage steht, muss dieses Konzept in ein integratives Produktmanagement münden. Die Lebenszyklusorientierung im Produktmanagement stellt neue Anforderungen an die Gestaltung von Service, Wartung und Demontage. Ein ganzheitlicher ergonomischer Ansatz muss dabei mehreren Zielsetzungen gerecht werden: Das Produkt hat die Erwartungen der Kunden im Hinblick auf die Ge

brauchstauglichkeit (Usability) zu erfüllen. Zudem sollte es aber auch die Möglichkeit zur Gestaltung ergonomischer Arbeitssysteme sowie entsprechender Arbeitsinhalte in allen Phasen des Lebenszyklus ermöglichen. Durch die Verflechtung von Produktentwicklung und lebenszyklusorientierter Prozessentwicklung in einem neuen Verständnis von Produktmanagement können Vorteile für alle Beteiligten entstehen und die genannten Anforderungen erfüllt werden.

Im Kontext der hier diskutierten Fragestellungen sind die Konzepte der „Produktergonomie“ und der „Produktionsergonomie“ heranzuziehen (Strasser et al. 2003). Während Produktergonomie vorrangig auf den Aspekt der Gebrauchstauglichkeit und damit auf die Sicht des Nutzers fokussiert ist, konzentriert sich Produktionsergonomie auf Fragen der Arbeitsbedingungen und der Gestaltung der Arbeitsinhalte der Mitarbeiter im Herstellungsprozess. Beide Aufgabenfelder werden durch die vorhandene/genutzte Technologie determiniert. Die Beziehungen zwischen Produktgestaltung und deren Implikationen auf die Gestaltung von Arbeitssystemen wurden in der Vergangenheit nur sehr begrenzt oder überhaupt nicht thematisiert. Unter Lebenszyklusaspekten sind aber auch zusätzlich Aufgaben in Wartung, Demontage und Recycling in die Betrachtung einzubeziehen. Ein wesentliches weiteres Gestaltungsfeld ist in der Interdependenz zwischen Produkt-aufbau und Arbeitsinhaltsgestaltung zu sehen. Hier kommt insbesondere der Modulbauweise eine besondere Bedeutung zu. Die Gestaltung des Arbeitsinhaltes ist für den gesamten Lebenszyklus des Produktes und aller dabei relevanten Arbeitssysteme wie Montage, Wartung, Reparatur und Demontage zu betrachten.

Das Konzept der Integrierten Produktentwicklung (IPE) als ganzheitliches Entwicklungs- und Managementkonzept unterstützt die Erstellung von Produkten und Dienstleistungen von der Idee bis zur erfolgreichen Vermarktung. In einem ersten Ansatz können darunter (umfassendere) Modelle einer Integrierten Produktentwicklung verstanden werden, die sich an den Interessen der relevanten Stakeholder (Kunden, Mitarbeiter, Gesellschaft und Anteilseigner) orientieren. Dabei ist allerdings – wie bei allen Stakeholdermanagementkonzepten – zu berücksichtigen, dass es zu divergierenden Zielen kommen kann, für die eine Lösung gefunden werden muss (Eversheim & Schuh 2005; Ehrlenspiel 2006; Zink 2007).

Zusammenfassend lässt sich ein integratives Produktmanagement als prozess- und lebenszyklusorientiertes Konzept verstehen, das darauf abzielt, durch Schaffung der erforderlichen technischen und organisatorischen Rahmenbedingungen wettbewerbsfähige Produkte rechtzeitig auf den Markt zu bringen, die Qualitäts- und Kostenziele genauso erfüllen wie die Einhaltung gesetzlicher Rahmenbedingungen (z. B. die ökologischen Aspekte des Kreislaufwirtschaftsgesetzes). Die Realisierung ergonomischer Prinzipien bei der Gestaltung von Produkten und Arbeitssystemen (einschließlich die der Gestaltung des Arbeitsinhaltes) für alle Lebensphasen des Produkts wird dabei genauso thematisiert wie die Erfüllung der Bedürfnisse und Ziele weiterer relevanter Stakeholder (Eberhard 2007).

3. Strategien zur Integration arbeitswissenschaftlicher Aspekte in die Produkt- und Prozessgestaltung

Das lebenszyklusorientierte Produktmanagement unter Berücksichtigung eines ganzheitlichen arbeitswissenschaftlichen Ansatzes fokussiert auf den Wertzuwachs für Produkte und die Arbeitssystemgestaltung (Ulich, 2005). Dieser Wertzuwachs äußert sich in zwei primären Zielen: Erstens sollen die Effektivität und Effizienz eines Arbeitssystems verbessert werden und zweitens sollen die Bedürfnisse sowohl der Benutzer wie auch der Mitarbeiter erfüllt werden. Diese Bedürfnisbefriedigung kann aus Kundensicht durch die wahrgenommene Gebrauchstauglichkeit der Produkte gemessen werden, bewirkt

aber auch eine wachsende Qualität im (Arbeits-)Leben der Mitarbeiter (Licaros-Velasco 1998). Im Rahmen eines integrierten und lebenszyklusorientierten Produktmanagement lassen sich arbeitswissenschaftliche Aufgaben demnach mehrfach positionieren: Die Gestaltung des Arbeitsinhaltes und der Arbeitsbedingungen der Mitarbeiter einerseits sowie die Gebrauchstauglichkeit des Produkts für den Kunden andererseits. Hinsichtlich der Integration arbeitswissenschaftlicher Konzepte in ein lebenszyklusorientiertes Produktmanagement können unterschiedliche Kriterien herangezogen werden: Fokus der Integration, Zeitpunkt der Integration, Bereich bzw. Umfang der Integration.

Der Fokus der Integration kann sich ausschließlich auf Produktergonomie bzw. auf vorwiegend Produktionsergonomie beziehen bzw. auf die notwendige Verknüpfung beider Aspekte.

Bezogen auf den Zeitpunkt der Integration wird zwischen dem sequentiellen und dem kurativen Gestaltungsansatz differenziert. Bei Anwendung des sequentiellen Ansatzes werden technische Lösungen zunächst entwickelt und dann überprüft, in wie weit weitere Anforderungen noch zu integrieren sind. Der integrative und damit prospektive Ansatz beachtet die Mehrdimensionalität der Zielsetzung von vornherein und zielt auf die Realisierung von Win-Win-Situationen ab.

Ein weiteres Kriterium liegt im Umfang der Integration im Rahmen des Produktlebenszyklus: Diese kann sich auf einzelne Bereiche der Fertigung und Produktion, Montage, Wartung, Reparatur und Instandhaltung sowie Demontage und Recycling beschränken. Im Anspruch des integrativen Produktmanagements sollte sich die Integration jedoch auf alle Bereiche beziehen und die notwendige Verknüpfung der Produkt- wie auch der Prozessergonomie berücksichtigen. Es bedarf hierbei einer Darstellung der Beziehungen zwischen Produktgestaltung und Gestaltung von Arbeitssystemen – insbesondere für Montage, Instandhaltung und Reparatur und Demontage. Zudem ist die Gebrauchstauglichkeit von Produkten nicht nur unter der Perspektive des Kunden bzw. Nutzers zu betrachten, sondern auch unter dem Gesichtspunkt ergonomischer Aspekte in der Produktentstehung, Wartung und Demontage.

Die Diskussion zur Integration arbeitswissenschaftlicher Aspekte in die Produkt- und Prozessgestaltung zeigt, dass die Herausforderungen hohe Anforderungen an die Organisationen und deren Mitarbeiter stellen. Es ergibt sich weiterhin der Bedarf nach einer gemeinsamen Betrachtung von ergonomischen, technischen, organisationalen, ökologischen und wirtschaftlichen Anforderungen. Die zugrunde liegenden Gestaltungsziele werden dabei aus den Unternehmenszielen abgeleitet und mit Rahmenbedingungen (z.B. rechtliche Aspekte) in Zielkriterien umgewandelt, die eine Gewichtung und Alternativenbewertung zur Auswahl geeigneter Methoden und unterstützender Systeme erlauben.

4. Abschließende Betrachtung

Die ganzheitliche Sichtweise eines Produktmanagements entlang der Wertekette unter Lebenszyklusaspekten weist für eine prozessorientierte Organisation positive Konsequenzen durch eine verbesserte Gestaltung der Arbeitsplätze und verschiedene zu betrachtende Aspekte der Gebrauchstauglichkeit auf. Erste Konzepte, ähnlich der hier beschriebenen Integrierten Produkt- und Prozessentwicklung, sind beispielsweise unter dem Namen Concurrent Engineering bekannt geworden. Der Integrationsansatz hat sich dabei vor allem auf die Parallelisierung bisher sequentiell abgelaufener Prozesse bezogen. Aufgrund gesetzlicher Vorgaben wurden zudem ökologische Aspekte integriert. Außerdem gibt es eine Reihe von Konzepten – wie z. B. Modularisierung – das sich u. a. auf die Reduzierung der Komplexität im Produktaufbau und damit auf die Phase der Produktion im Lebenszyklus fokussiert. Wird zudem die wachsende Bedeutung

der Aspekte der Gebrauchstauglichkeit – insbesondere als Differenzierungsstrategie – betrachtet, stellt sich die Frage nach neuen Chancen und Herausforderungen für die Integration arbeitswissenschaftlicher Inhalte in den Produktentwicklungsbereich. Diese Aufgabe wird zumeist dem Konstruktionsbereich zugeordnet, arbeitswissenschaftlicher Anforderungen sind jedoch auf den gesamten Lebenszyklus auszuweiten (Ehrlenspiel, 2006). Diese Betrachtungsweise führt weiterhin zur Notwendigkeit einer Re-Definition der Gebrauchstauglichkeit, in dem nicht nur die „Usability“ des Endproduktes betrachtet wird, sondern auch die „Usability“ in der Herstellung, Wartung und Demontage.

Derzeit wird zur Integrierten Produkt- und Prozessgestaltung am Institut für Technologie und Arbeit e.V. an der TU Kaiserslautern ein Integrationskonzept auf organisationaler wie auch instrumenteller Ebene entwickelt. Eine Untersuchung derartiger Fragestellungen in ausgewählten Industriezweigen zur Umsetzung von Ergonomieaspekten in Unternehmen bzgl. der Kriterien Prozess, Produkt, System (Organisationsstruktur) und Mitarbeiter liefert dazu eine empirische Basis. Die Luftfahrtindustrie hat bereits im zweiten Weltkrieg eine Vorreiterrolle in der gebrauchstauglichen Gestaltung bewiesen (Chapanis 1965; McFarlan 1946).

Seit 2003 wird von Seiten des Gesetzgebers in der Flugzeugindustrie eine Berücksichtigung von Human Factors verstärkt gefordert, in diesem Falle auf Seiten des Gesetzgebers. Dies äußert sich in der Verordnung 2042/2003 der Europäischen Agentur für Flugsicherheit, die den Einbezug von Human-Factors bei der Wartung als Kriterium bei der Zulassung von Unternehmen vorschreibt (EASA 2003).

Erste Pre-Tests zur genannten Untersuchung wurden bei Unternehmen der Luftfahrtindustrie durchgeführt und lassen auf hemmende und fördernde Faktoren schließen. Im weiteren Verlauf der Untersuchung sollen strukturelle Gemeinsamkeiten bei der Umsetzung identifiziert werden.

5. Literatur

1. Chapanis, A. 1965, Man-Machine Engineering. London: Belmont.
2. EASA: VERORDNUNG (EG) Nr. 2042/2003 DER KOMMISSION vom 20. November 2003 über die Aufrechterhaltung der Lufttüchtigkeit von Luftfahrzeugen und luftfahrttechnischen Erzeugnissen, Teilen und Ausrüstungen und die Erteilung von Genehmigungen für Organisationen und Personen, die diese Tätigkeiten ausführen.
3. Eberhard, D.B. 2007, Integrationsarchitektur für integratives Produktmanagement. Kaiserslautern.
4. Ehrlenspiel, K. 2006, Integrierte Produktentwicklung, München.
5. Eversheim, W. & Schuh, G. (Hrsg.), Integrierte Produkt- und Prozessgestaltung. Aachen, 2005
6. Licaros-Velasco A. 1998, Ergonomics. In: Scott P.A. & Bridger R.S. & Charteris J. (Hrsg.) Global Ergonomics. Proceedings for the Ergonomic Conference.
7. McFarlan, R. A. 1946, Human Factors in air transport design, New York.
8. Schumpeter, J. A. 1943, Capitalism, Socialism and Democracy. London.
9. Strasser, H. & Kluth, K. & Rausch, H. & Bubbs, H. 2003 (Hrsg.), Qualität von Arbeit und Produkt in Unternehmen der Zukunft. Stuttgart.
10. Ulich, E. 2005, Gesundheitsmanagement – Elemente einer Positionsbestimmung. In: GfA (Hrsg.): Personalmanagement und Arbeitsgestaltung, Dortmund.
11. Zink, K. J. 2007, Mitarbeiterbeteiligung bei Verbesserungs- und Veränderungsprozessen. München.

Ergonomische Optimierung mit Hilfe von Mindmapping am Beispiel von mittelständischen Unternehmen

Jochen MUSSGNUG

*INGENIEURBÜRO MUSSGNUG,
Busenbacherstraße 43, D-76228 Karlsruhe*

Kurzfassung: In einer Reihe von ergonomischen Optimierungsprojekten bei mittelständischen Unternehmen wurde das Mindmapping erfolgreich als unterstützende Methode eingesetzt. Einmal entworfene Mindmapstrukturen, die sich an der systemtechnischen Beschreibung des Arbeitssystemmodells orientieren und auf den bewährten Schritten der Arbeitswissenschaft (analysieren, messen, beurteilen, gestalten) basieren, konnten auf weitere Projekte durch entsprechender Anpassung erfolgreich übertragen werden.

Schlüsselwörter: Mindmapping, Produktionsergonomie, Arbeitsplatzgestaltung, Ergonomiemanagement.

1. Einleitung

In produzierenden Unternehmen ist ergonomisches Wissen oft nur rudimentär vorhanden. Meistens fehlen die organisatorischen Strukturen um dieses Wissen auf aktuellem Stand zu halten bzw. zu verwalten. Immer öfter werden deshalb externe Berater beauftragt die Mitarbeiter zu schulen oder Arbeitsplätze nach ergonomischen Kriterien zu optimieren. Die Motivation hierzu ist sehr unterschiedlich. Neben der Gesunderhaltung der Mitarbeiter können gesetzliche Anforderungen wie die Gefährdungsanalysen, die sich aus dem Arbeitsschutz ableitet, die Umsetzung aktueller Normen oder ökonomische Aspekte die Gründe für die Beschäftigung mit dem Thema Ergonomie sein. Wichtig ist dann die schnelle und intuitive Vermittlung von ergonomischem Wissen, das mit bereits vorhandenem Wissen verknüpft wird und danach angewendet werden kann. Das Ziel solcher Maßnahmen ist, dass ergonomische Kriterien bei der Entwicklung von Arbeitsplätzen zukünftig berücksichtigt werden und dass vorhandene Arbeitsplätze ergonomisch deutlich verbessert werden.

Als geeignete Methode um die oben genannten Ziele zu erfüllen hat sich in einer Vielzahl von Beratungs- und Schulungsprojekten das Mindmapping als besonders sinnvoll und flexibel erwiesen. Die Methode ist hilfreich um, in den Betrieben, vorhandenes Wissen offen zu legen, neu zu strukturieren und zu aktualisieren.

2. Vorgehensweise

Nachfolgend wird skizzenhaft ein typischer Projektablauf eines ergonomischen Optimierungsprojektes beschrieben. Wenn an einem Projekt interne Mitarbeiter beteiligt sind, dann ist der erste Schritt, herauszufinden, welches Wissen über Ergonomie vorhanden ist und wie dieses Wissen bisher strukturiert und angewendet wird. In einem Brainstorming werden alle Elemente zusammengetragen, welche die Mitarbeiter, im Zusammenhang mit ihrem Unternehmen, mit Ergonomie verknüpfen. Das Ergebnis ist meistens ein stark lückenhaftes Mindmap, welches die Basis für die oft-

mals nachfolgende ergonomische Schulung bildet. Vorhandene Wissensbausteine werden dann, meist im Rahmen eines Workshops, am Beispiel eines aktuellen Optimierungsprojektes, mit neuen Wissensbausteinen verknüpft.

Ein Nebenprodukt dieser Vorgehensweise ist herauszufinden, welches Wissen im Unternehmen über Ergonomie vorhanden ist bzw. welche organisatorischen Einheiten über ergonomische Fragestellungen in Kontakt kommen. Schnell kommt man zur Erkenntnis, dass überall wo Menschen sind, die Ergonomie (Regeln der Arbeit) eine Rolle spielt, doch leider die Zuständigkeiten und das erforderliche Wissen oft nicht bekannt sind. Ein typisches Mindmap über die „ergonomischen“ Organisationsstrukturen in einem Unternehmen zeigt Abbildung 1.

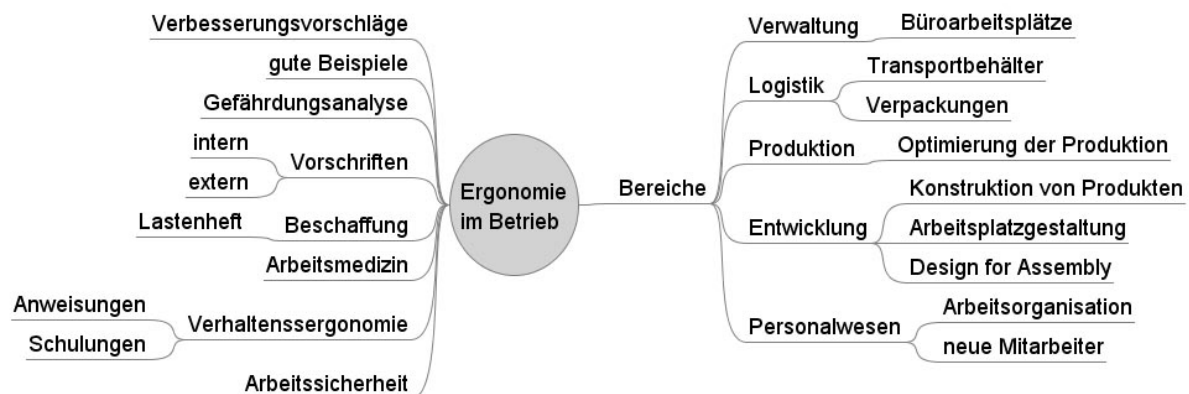


Abbildung 1: Organisation der Ergonomie in einem Unternehmen

Teilweise lässt sich zu den einzelnen Enden der „Äste“ ein Ansprechpartner benennen der dann bei Bedarf zu Rate gezogen werden kann. Oft ist diese Übersicht für viele Unternehmen schon eine Bereicherung, wenn es darum geht, vorhandenes Wissen und dessen Verknüpfungen aufzuzeigen. Es zeigt sich oft, dass einige im Unternehmen sich mit ähnlichen Fragestellungen beschäftigen, doch meist sehr unterschiedliche Methoden und Werkzeuge verwendet werden. Eine Harmonisierung bringt hier meist sehr positive Effekte. So sollten z.B. beim Entwurf oder bei der Bestellung von Arbeitsmitteln schon die ergonomischen Kriterien bekannt sein, die später bei der Gefährdungsanalyse überprüft werden. Neben dem Arbeitsschutzmanagement wäre hier ein Ergonomiemanagement sehr sinnvoll.

Aus den beiden zu Projektbeginn erarbeiteten Mindmaps: „bisheriges Wissen über Ergonomie“ und „Ergonomie im Betrieb“ lässt sich der notwendige Schulungsbedarf ableiten. Das Ziel des nachfolgenden Moduls ist, das Wissen in die in Abbildung 2 dargestellte Form zu bringen. Diese Struktur hat sich über eine Vielzahl von Seminaren und Workshops herausgebildet und bietet eine sehr gute Basis für die Anwendung der Ergonomie in einem Unternehmen. Das Konzept basiert auf der bewährten Arbeitswissenschaftlichen Vorgehensweise: analysieren, messen und beurteilen, gestalten. Die Phase der Analyse orientiert sich an der system-technischen Beschreibung des Arbeitssystems. Diese Vorlage bildet eine gute „Schablone“ die auf nahezu alle sozio-technischen Arbeitssysteme angewendet werden kann. Hinter den einzelnen Ästen des Mindmaps verbergen sich Informationen oder Methoden, mit denen ein Arbeitsplatz ergonomisch optimiert werden kann. Die Strukturierung hilft dem Anwender, ähnlich wie bei einer Checkliste, einzelne Bereiche abzuarbeiten.

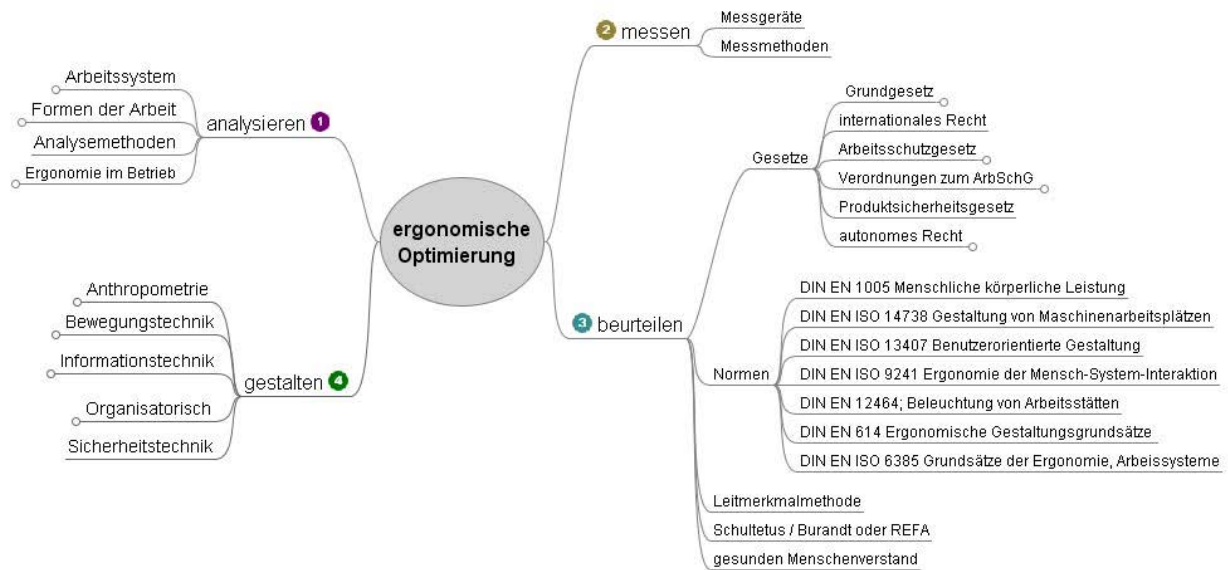


Abbildung 2: Mindmap zur ergonomische Optimierung (analysieren, messen, beurteilen, gestalten)

Besonders hilfreich ist diese Vorgehensweise bei der Analyse des Arbeitssystems, wobei alle Systemelemente hinsichtlich ergonomischem Optimierungspotenzial kritisch betrachtet werden. Meist hilft schon diese detaillierte, strukturierte Definition der Systemelemente um ein Problembewusstsein zu entwickeln und Schwachstellen zu erkennen. Die Darstellung des Arbeitssystems in Form eines Mindmaps ermöglicht die unterschiedlichen Systemelemente einzeln detailliert zu beschreiben und bereits in diesem Stadium Gestaltungsmöglichkeiten zuzuordnen.

Neben der Beschreibung der Systemelemente ist die Abhängigkeit der Systemelemente untereinander von großer Bedeutung. Die Beschreibung des Arbeitsablaufes deutet oft auf nicht ergonomische und in der Regel auch nicht wirtschaftliche Prozesse hin. Eine Steigerung der Effizienz des Arbeitssystems bei gleichzeitiger Verbesserung der Ergonomie gelingt meist nur dann, wenn sowohl Arbeitssystemelemente als auch der Arbeitsablauf verändert wird. Wenn der aktuelle Arbeitsablauf im notwendigen Detaillierungsgrad beschrieben ist, werden im nächsten Schritt die wertschöpfenden Prozesse im Mindmap mit Symbolen z.B. „Fähnchen“ gekennzeichnet (siehe Abbildung 3). Danach wird versucht alle nicht wertschöpfenden Prozesse aus ergonomischer und ökonomischer Sicht zu vereinfachen oder im Idealfall zu entfernen. Das Ergebnis ist ein optimierter Arbeitsablauf, der durch einfaches Editieren des ursprünglichen Arbeitsablaufes erzeugt werden kann. Die Darstellung mit Hilfe eines Mindmaps erscheint intuitiv, so dass auch Mitarbeiter aus dem Produktionsbereich sich sehr gut einbringen und ihren Beitrag erkennen können. Mit Hilfe von Symbolen und Zeichen können den einzelnen Elementen des Mindmaps Prioritäten gegeben werden, die aufzeigen, welche Elemente oder Prozesse zuerst optimiert werden sollten. Abbildung 3 zeigt beispielhaft die Analyse eines Verpackungsarbeitsplatzes.

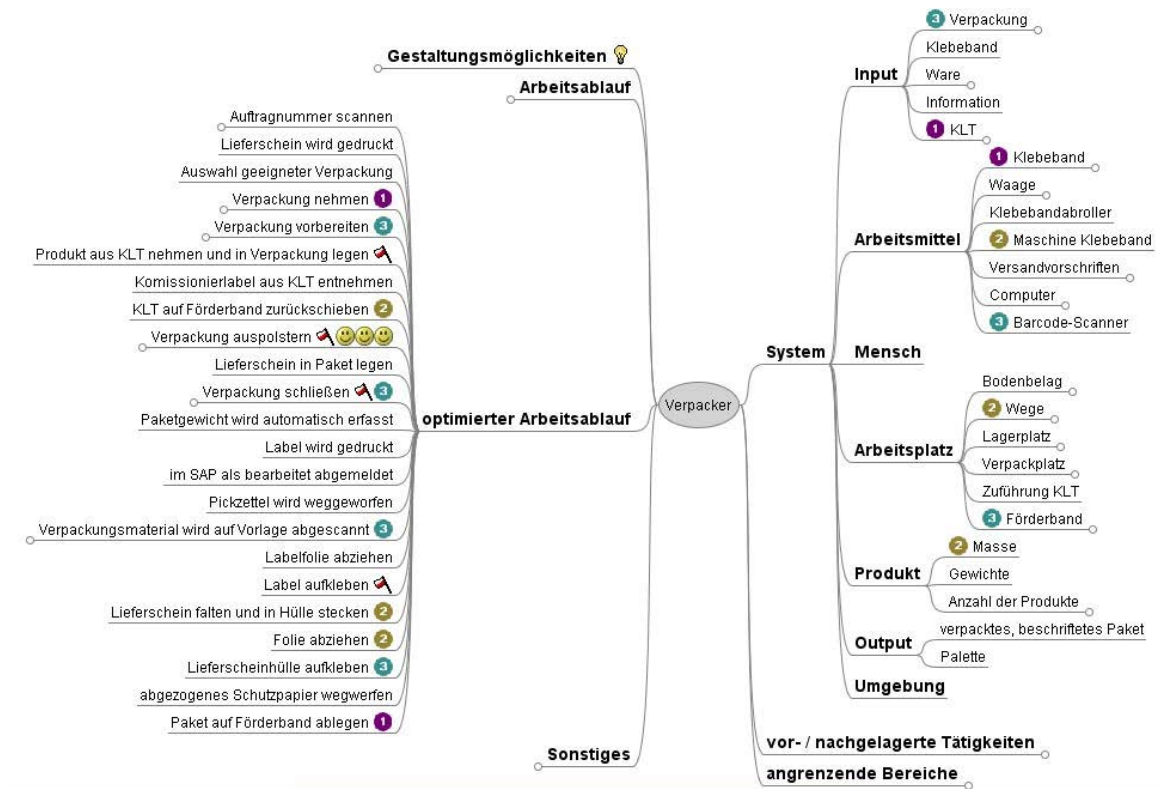


Abbildung 3: Mindmap, Arbeitssystem und Arbeitsablauf am Beispiel Verpackungsarbeitsplatz

3. Fazit

Bei der ergonomischen Optimierung eines Systems ist neben dem notwendigen Fachwissen vor allem die Kreativität eine entscheidende Komponente. Bei Workshops zur Optimierung von Arbeitsplätzen hat sich gezeigt, dass der Einsatz von Mindmapping als Methode sowohl für das Brainstorming als auch für die Kombination mit weiteren Kreativitätstechniken sehr gut geeignet ist. Eine gemeinsame Entwicklung eines Mindmaps, das über einen Beamer präsentiert wird, setzt ein großes kreatives Potenzial frei und hilft den einzelnen Teilnehmern, durch die graphische Visualisierung, die Zusammenhänge zu erkennen und neuen Input zu liefern. Teilweise werden die im Rahmen eines Projektes erarbeiteten Mindmaps als Basis für weitere innerbetriebliche Optimierungen verwendet.

Als Programm wird eine Freeware verwendet, wodurch die Anwendung durch die einzelnen Projektpartner und der Austausch der Ergebnisse untereinander deutlich verbessert wird. Die einfache und intuitive Benutzbarkeit des Mindmapping-Programms ist sehr wichtig, da es für den Optimierungsprozess ein Arbeitsmittel darstellt und somit die Effizienz der Optimierung gesteigert werden kann.

4. Literatur

1. Buzan, T. 2004, Das kleine Mind-Map-Buch. München: Goldmann Verlag.
2. Müller, H. 2006, Mindmapping. München: Haufe Verlag.
3. Freemind Software, <http://freemind.sourceforge.net/>

REACH-Net – der kooperative REACH-Helpdesk in Europa

Karl-Heinz LANG¹, Andreas SCHÄFER¹, Andreas SAßMANNSHAUSEN¹,
Michael DEILMANN² und Hanny NOVER³

¹ *Institut für Arbeitsmedizin, Sicherheitstechnik und Ergonomie e.V. (ASER) an der Bergischen Universität Wuppertal, Corneliusstr. 31, D-42329 Wuppertal*

² *Ministerium für Arbeit, Gesundheit und Soziales des Landes Nordrhein-Westfalen, Fürstenwall 25, D-40219 Düsseldorf*

³ *Ministerium für Wirtschaft, Mittelstand und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen, Haroldstraße 4, D-40213 Düsseldorf*

Kurzfassung: Auf der Basis der Erfahrungen zur Zusammenarbeit der Industrie- und Behördenvertreter beim Planspiel zur Erprobung von Schlüsselementen des REACH-Verfahrens, welches im Auftrag der Landesregierung Nordrhein-Westfalen im Jahr 2003 durchgeführt wurde, ist im Sommer 2006 das Pilotprojekt REACH-Net gestartet. In diesem Pilotprojekt war ein kooperatives REACH-Helpdesk zu entwickeln und der Praxisbetrieb zu erproben (www.reach-net.com). Die Kooperation sollte hierbei auf einer effektiven und effizienten Zusammenarbeit der Fachleute von Länder- und Bundesbehörden („Behördenbank“) mit Fachleuten von Consultants, Unternehmen und Interessenverbänden („Wirtschaftsbank“) basieren.

Schlüsselwörter: Wissensmanagement, Auskunftsstelle, helpdesk, EU-Chemikalien-Verordnung REACH.

1. Einleitung

Im Dezember 2006 hat das Europäische Parlament und der Rat der Europäischen Union die Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 (REACH) zur Neuordnung des Europäischen Chemikalienrechtes erlassen. Sie trat am 1. Juni 2007 in Kraft. Die Bestimmungen der sogenannten REACH-Verordnung treten dabei gestaffelt nach Zeitfenstern in Kraft, um den Übergang vom derzeit existierenden zum neuen REACH-System zu erleichtern.

Die REACH-Verordnung wird das Anmelden (Registrieren), Bewerten (Evaluieren), Zulassen und Beschränken (Autorisieren) chemischer Stoffe in der Europäischen Union neu regeln. Nach dem Prinzip der Beweislastumkehr soll zukünftig die Verantwortung für die Risikobewertung von Chemikalien von den nationalen Behörden auf die Hersteller und Importeure übertragen werden (Paradigmenwechsel). Diese müssen künftig darlegen, dass ihre Produkte sicher zu handhaben sind und damit weder die Gesundheit der professionellen Verwender oder der Konsumenten beeinträchtigen noch die Umwelt über Gebühr belasten. Dabei sollen Hersteller und Importeure die risikorelevanten Chemikalien-Stoffinformationen an alle nachgeschalteten Anwender weitergeben. Die REACH-Verordnung gilt dabei unbeschadet anderer Arbeits- und Umweltschutzvorschriften der Europäischen Union. Informationen über die Durchführung der REACH-Verordnung sollten insbesondere für kleine und mittlere Unternehmen (KMU) leicht zugänglich sein. Grundlage hierfür bildet das Leitbild von einem „wissensbasierten Wirtschaftsraum“ als strategisches Ziel der Europäischen Union.

2. Methode

Um Unternehmen, insbesondere KMU, zu helfen, die Anforderungen der REACH-Verordnung zu erfüllen, sollen die Mitgliedstaaten zusätzlich zu den von der neu zu gründenden Europäischen Agentur für chemische Stoffe (ECHA) bereitgestellten schriftlichen Leitlinien, welche z.Z. in den REACH-Durchführungsprojekten bzw. „REACH Implementation Projekts (RIPs)“ erarbeitet werden, nationale Auskunftsstellen („helpdesks“) einrichten. Diese „helpdesks“ führen keine Verwaltungsakte aus. Gemäß Erwägungsgrund 39 und Artikel 124 der REACH-Verordnung sollen die nationalen Auskunftsstellen die Hersteller, Importeure, nachgeschalteten Anwender und sonstige interessierte Kreise hinsichtlich ihrer jeweiligen Zuständigkeiten und Verpflichtungen im Rahmen der REACH-Verordnung beraten, insbesondere hinsichtlich der Registrierung von Stoffen.

Auf der Basis der sehr positiven Erfahrungen zur Zusammenarbeit zwischen Industrie- und Behördenvertretern im Planspiel zur Erprobung von Schlüsselementen der REACH-Abläufe, welches im Auftrag der Landesregierung NRW im Jahr 2003 durchgeführt wurde, ist ein kooperatives REACH-Helpdesk erprobt worden. Die Kooperation und Entscheidungsfindung sollte hierbei insbesondere auf einer Zusammenarbeit der Fachleute von Bundesoberbehörden und Bundesländern („Behördenbank“) mit Fachleuten von Unternehmen, Consultants und Interessenverbänden („Wirtschaftsbank“) basieren. Durch die strukturierten Meinungsbildungsprozesse wird auch ein gegenseitiges voneinander Lernen zwischen den Fachleuten der Behörden- und Wirtschaftsbänke verfolgt.

Unter einem User Help Desk bzw. einem Helpdesk versteht man im Allgemeinen den Service zur Unterstützung von Anwendern von Hard- und Software oder anderen Dienstleistungsbereichen. Zentrale Bedeutung für die Wirtschaftlichkeit und Anwender- bzw. Nutzerzufriedenheit von Helpdesk-Services haben dabei:

- das Service Desk als einzige Schnittstelle zwischen Helpdesk und Anwendern, z. B. für Beauftragung, Antwortübergabe, externe Statusverfolgung etc.,
- die Arbeitsprozesse und -abläufe zur Generierung neuen Wissens und der internen Statusverfolgung,
- die nichtöffentliche und/oder öffentliche Wissensdatenbanken zum Wissensmanagement für das interne Servicepersonal und für die externen Nutzer sowie
- die Suchmaschinen und/oder Ontologiewerkzeuge zur schnellen Wissensfindung für das interne Servicepersonal und für die externen Nutzer.

Im Allgemeinen will man mittels eines Helpdesk einem bestimmten Personenkreis oder der gesamten Öffentlichkeit in einem abgegrenzten Dienstleistungs- und Wissensbereich oder bei der Anwendung bestimmter Produkte (Hard- und/oder Software) besondere Unterstützung anbieten. Neben dem kompetenten Servicepersonal eines Helpdesk haben aus Effektivitäts- und Effizienzgründen die Arbeitsprozesse und die Wissensdatenbank ganz zentrale Bedeutung sowohl für die Wirtschaftlichkeit des Unterstützungsangebotes als auch für die Zufriedenheit der Anfrager. Zur optimalen Gestaltung und Unterstützung der Arbeitsprozesse werden heutzutage meist webbasierte Workflow-Management-Systeme eingesetzt. Weiterhin ist es notwendig, dass relevante Informationen aufwandsarm und schnell gefunden werden können. Deshalb integriert man in eine Wissensdatenbank möglichst Ontologiewerkzeuge und/oder Suchmaschinen. Neben der Güte der Inhalte der Wissensdatenbank ist die Gebrauchstauglichkeit der Wissensdatenbank für die Akzeptanz der interessierten Akteure sehr wichtig.

Grundlegende Zielstellung dabei war es, über eine praxisgerechte Zusammenarbeit der verschiedenen Behörden- und Industrievertreter belastbare Erfahrungen zu gewinnen, die dann direkt in ein möglichst reibungslos funktionierenden und damit effektiven und effizienten REACH-Helpdesk eingehen sollten. Der REACH-Net – Beratungsservice (www.reach-net.com) soll dabei insbesondere KMU bei der Umsetzung der REACH-Verordnung unterstützen. Als Grundlage für das nachfrageorientierte Beratungs- und Serviceangebot wurden das seit dem Jahr 1999 validierte Kompetenznetz Moderne Arbeit (www.komnet.nrw.de) und für den angebotsorientierten Werkzeug- und Informationsbereich das seit dem Jahr 2004 validierte KMU-Gefahrstoffportal (www.gefährstoffe-im-griff.de) ausgewählt.

3. Ergebnisse

Das kooperative Helpdesk des REACH-Net – Beratungsservice ist im Sommer 2006 entwickelt und vom Herbst 2006 bis zum Frühjahr 2007 erprobt worden. Im April 2007 ist die Betriebsphase des REACH-Net – Beratungsservice angelaufen. Die Kooperation und Entscheidungsfindung basiert mit Stand vom 1. Januar 2008 auf der Zusammenarbeit der Fachleute von 4 Bundesländern („Behördenbank“) mit Fachleuten von 4 Chemieunternehmen, 30 Beratungsunternehmen (Consultants / Ingenieurbüros) und 6 Interessenverbänden („Wirtschaftsbank“). Der REACH-Net – Beratungsservice besteht aus den drei Modulen des Expertenverbundes, des Kompetenz-Centers und der Dialog-Redaktion. Durch die strukturierten Meinungsbildungsprozesse wird ein gegenseitiges voneinander Lernen zwischen den Fachleuten der Behörden- und der Industrie- bzw. Wirtschaftsbänke verfolgt.

Mit Stand vom 1. Januar 2008 wurden bisher insgesamt 957 neue Anfragen an den REACH-Net – Beratungsservice gestellt, wobei eine durchschnittliche Anfrage aus drei Fragestellungen besteht. Bisher wurden 2/3 aller neuen Anfragen von Fragestellern aus kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) gestellt. Die erreichte Kundenzufriedenheit z. B. beim Kundenzufriedenheits-Merkmal „Inhaltliche Qualität der Antwort (Güte)“ beträgt 96,8%, wenn man die beiden Merkmalsklassen „hoch“ und „angemessen“ zusammenfasst (Abbildung 1).

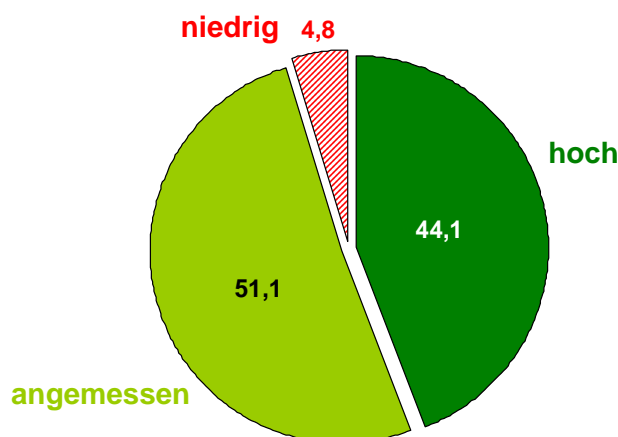


Abbildung 1: Kundenzufriedenheit [%] mit der Qualität der Antwort (N = 379, Stand: 01.01.2008)

Bisher wurden von Web-Nutzern 68.362 Dialoge aus der REACH-Wissensdatenbank aufgerufen; hierbei werden Dialogaufrufe durch Internet-Suchroboter oder durch REACH-Net – Systembeteiligte nicht mitgezählt. Die erreich-

te Nutzerzufriedenheit, welche durch die abgegebenen Gütebewertungen für aufgerufene Dialoge ermittelt wird, beträgt dabei bisher 88,3%, wenn man die beiden Merkmalsklassen „hilfreich“ und „sehr hilfreich“ der Nutzerzufriedenheit zusammenfasst (Abbildung 2).

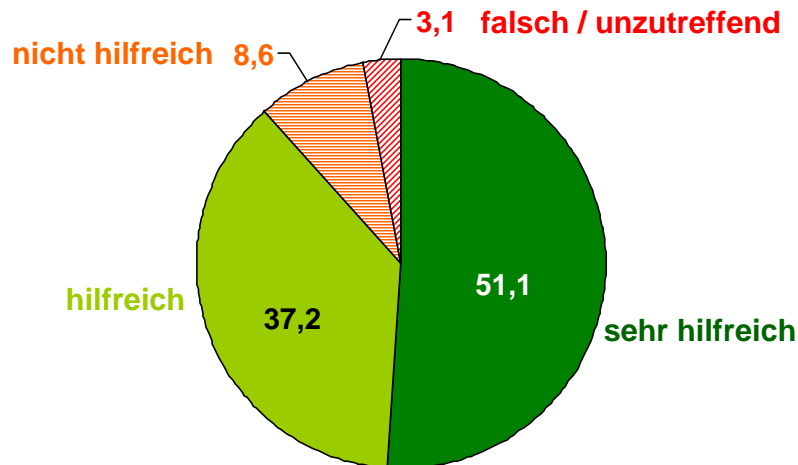


Abbildung 2: Nutzerzufriedenheit [%] mit den Frage-Antwort-Dialogen in der öffentlich zugänglichen REACH-Wissensdatenbank (N = 983, Stand: 01.01.2008)

Derzeit werden monatlich ca. 80 neue Anfragen beantwortet und ca. 8.000 Dialoge aus der REACH-Wissensdatenbank aufgerufen (somit ca. 100 mal so oft wie neue Anfragen gestellt werden), d. h. das REACH-Net – Beratungssystem ist damit ein effizientes Beratungs- und Wissensmanagementsystem.

Neben der anvisierten Erreichung von KMU-Akteuren und der dabei erzielten guten Kunden- und Nutzerzufriedenheit ist das bisher wesentlichste Ergebnis des Erprobungs- und des Praxisbetriebs, dass bei der Bearbeitung der Frage-Antwort-Vorgänge zwischen den jeweils beteiligten Behörden- und Wirtschaftsbanken bzw. gemeinsam von den jeweils beteiligten Behörden- und Wirtschaftsvertretern ohne Ausnahme selbständig maßgeschneiderte Praxislösungen gefunden wurden, ohne dass vorgesehene Eskalationsverfahren angegangen werden mussten.

Aus den vorliegenden Informationen über öffentlich zugängliche REACH-Helpdesks kann abgeleitet werden, dass der REACH-Net – Beratungsservice in Sachen des Angebots, der Nachfrage, der Qualität und Kundenzufriedenheit bei der (An-)Beratung von Unternehmensakteuren als Benchmark für öffentlich zugängliche und transparent arbeitende REACH-Helpdesks angesehen werden kann.

4. Literatur

1. Lang, K.-H., Deilmann, M. & Nover, H. 2007, Zusammenfassung und Fortschreibung der Ergebnisse zum Pilotprojekt REACH-Net, Forschungsbericht Nr. 17, Schriftenreihe des Instituts ASER e.V. an der Bergischen Universität Wuppertal. Wuppertal: ASER.
2. Lang, K.-H., Saßmannshausen, A., Schäfer, A. & Nolting, K. 2007, Abschlussbericht zum Pilotprojekt REACH-Net - Langfassung - Forschungsbericht Nr. 15, Schriftenreihe des Instituts ASER e.V. an der Bergischen Universität Wuppertal. Wuppertal: ASER.
3. Lang, K.-H., Schäfer, A., Saßmannshausen, A., Nolting, K., Deilmann, M. & Nover, H. 2007, Entwicklung und Ergebnisse des REACH-Net – Beratungsservice, Technische Überwachung, 48, 43-47.
4. Webportal: REACH-Net – Beratungsservice (www.reach-net.com).

„Hedonistisches Regeln“ - ein Weg zu autonomen Menschmodellen mit ergonomischen Hilfsmitteln?

Peter SCHAEFER und Iris ZACHER

*Institut für Ergonomie, Technische Universität München,
Boltzmannstr. 15, D-85747 Garching*

Kurzfassung: Emotionale Optimierungskonzepte nach dem „Hedonistischen Prinzip“ folgen eng dem menschlichen Vorbild und können digitalen Menschmodellen neue Wege zu autonomem Verhalten eröffnen. Dazu wird eine umfassende Konzeption skizziert und experimentell verdeutlicht am Beispiel einer Bewegungsoptimierung nach Maßgabe kraft- und haltungsinduzierten Diskomforts.

Schlüsselwörter: Emotionen, Optimierung, Menschmodell, Autonomie.

1. Einleitung - „Autonome“ Maschinen

Entwicklungen in Richtung autonom arbeitender Maschinen scheinen zu den meist versprechenden Herausforderungen im Maschinenbau überhaupt zu gehören. Dazu zählen Autopiloten ebenso wie etwa Fahrerassistenzsysteme, aber eben auch so etwas wie militärische Kampfroboter. Dabei realisiert jede dieser Entwicklungen im Prinzip immer nur eine speziell angepasste Mischung steuerungs- und regelungstechnischer Prozesse. Auf menschenähnliches Verhalten kommt es in der Regel weniger an.

Ganz anders sieht dies bei digitalen Menschmodellen aus (z. B. RAMSIS, Jack, Anybody). Hier geht es zumeist sehr speziell um die Gebrauchstauglichkeit technischer Produkte (Automobil, Flugzeug, Medizintechnik). Digitale Menschmodelle (DHMs) sollen mit diesen Produkten zu Testzwecken auf möglichst menschenähnliche Art und Weise umgehen können. Menschenähnliches Verhalten ist hier also oberstes Gebot. Natürlich hievt man damit den Menschen als Ganzes mit an Bord – inklusive seiner Fähigkeit zu autonomem Verhalten. Gerade dies ist aber eine sehr maßgebende Eigenschaft des Menschen, an der sich konsequenterweise auch digitale Menschmodelle messen lassen müssen.

2. Ansätze zu technischer Autonomie

Speziell im Haltungs- und Bewegungsbereich werden bislang gerne nur situationsbezogene Vorgaben gemacht (Wahrscheinlichkeitsverteilungen, Trajektorien etc.). Dabei fällt die autonome Leistung solcher Modelle aber eher gering aus. Sehr viel mehr an Autonomie lässt sich demgegenüber mit gewissen Optimierungsansätzen erreichen (Leistung, Kraft, Ruck etc.).

Genau diesem Kurs folgt auch unser eigener Ansatz. Auch wir bevorzugen ein Optimierungskonzept, das jedoch über rein physikalische Optimierungsansätze deutlich hinausgehen soll. Demzufolge halten wir uns eng an das menschliche Original und versuchen, menschliches Verhalten als Ergebnis emotionaler Optimierungsprozesse zu verstehen. Dabei hoffen wir, solch emotionale Ansätze letztendlich auch auf

technische Systeme übertragen zu können.

3. Menschliche Autonomie als technisches Leitbild

Ein erster Schritt soll klären helfen, welche Grundprinzipien es sind, die menschliches Verhalten im Wesentlichen bestimmen. Aus der angestrebten technischen Sicht heraus, lassen sich zunächst einmal zwei Schnittstellen zwischen Mensch und seinem Umfeld unterscheiden:

- eine perzeptive Schnittstelle als Input-Kanal und
- eine handlungsorientierte Schnittstelle als Output-Kanal.

Grundsätzlich kann man somit jede Output-Aktion eines Menschen als Antwort auf eine vorangehende Input-Konstellation begreifen – nur zeitlich eben ein klein wenig versetzt. Die Frage ist nur, auf welche Art und Weise diese Antworten zustande kommen. Beim Menschen ist dies offensichtlich ein weitgehend autonomer Prozess,

- der nicht nur über die traditionelle Inferenzschiene läuft (z. B. ACT-R Modell)
- sondern auch emotionale Optimierungsstufen aufschalten kann.

3.1 Inferenzsystem

In einem derart zweispurigen System erlaubt das Inferenzsystem eine Zuordnung von Antworten nach Maßgabe bisheriger „Traditionen“. Das Inferenzsystem bearbeitet den Fluss der Ereignisse somit im „Routineverfahren“ und ist damit sicherlich bei einem erheblichen Teil unserer Aktionen mit dabei. Autonomie im Sinne von eigenständiger Kreativität gibt es auf dieser Ebene aber noch nicht.

3.2 „Hedonistisches Regeln“

Demgegenüber scheint so etwas wie kreative Autonomie aber sehr wohl mit einer Art emotionaler Optimierung möglich zu sein. Nach diesem Ansatz hinterlässt jedes durchlebte Szenario einen emotionalen „Abdruck“ im Fluss der Zeit. In gleicher Weise geschieht dies mit simulierten Alternativszenarien. Somit baut jeder Mensch quer über seine vorgestellten Alternativen eine Art emotionales Profil auf. Innerhalb dieser Profile ist die jeweils exponierteste Erhebung als emotionales Extremum leicht zu finden. Gleichzeitig ist dies die optimale Alternative – ein klar definierter Weg, der im nachfolgenden Schritt dann auch umgesetzt wird. Konsequenterweise wird auch dieser neue Weg wieder einer erneuten emotionalen Prüfung unterzogen – in einem weiteren Durchlauf bei i. a. nun verändertem Außenszenario.

Aus technischer Perspektive lassen sich hier unschwer regelungstechnische Funktionsprinzipien erkennen. Die emotionale Zielfunktion einer solchen Regelung baut sich dabei folgendermaßen auf (Schaefer 2006):

- zunächst einmal findet sich jedes externe Szenario mehr oder weniger vollständig in seinem inneren Abbild wieder (Roth 2001). Dieses interne Bild kann aber auch mit Phantasiekonstrukten aller Art angereichert sein;
- natürlich nehmen wir diese internen Bilder auch emotional wahr – wir färben sie sozusagen emotional ein. Diese emotionalen Färbungen können sehr nuanciert sein und können somit zu sehr differenzierten emotionalen Spektren führen (Jastrzebska-Fraczek 2008);
- andererseits sind wir aber auch in der Lage, jedes noch so fein nuancierte Spektrum sozusagen rückwärts wieder zu einem emotionalen Gesamteindruck

als regelungstechnische Zielfunktion zu kombinieren.

4. Technische Umsetzung

Aus technischer Sicht scheint sich menschliches Verhalten im Wesentlichen somit auf „emotionales Optimieren“ zu reduzieren. Möglicherweise kann dies sogar sehr allgemein gelten. Zur technischen Umsetzung eines solchen Ansatzes bieten sich zunächst einmal zwei elementare Schritte an:

- Generierung technischer Emotionen zum Aufbau emotionaler Spektren;
- Reduktion emotionaler Spektren zu einem umfassenden Gesamteindruck.

4.1 „Technische Emotionen“

Beim technischen Aufbau emotionaler Spektren geht es um menschliche Emotionen in digitalen Menschmodellen. Es wird also ein technischer Weg gesucht, Gefühlsregungen in technischen Modellen technisch zu generieren - nach Maßgabe des jeweiligen aktuellen Umfelds.

Dies soll zunächst einmal an einem einfachen Beispiel aus dem Bewegungsreich verdeutlicht werden (s. Abb. 1). Emotional maßgebend sind hier vorwiegend kraft- und haltungsinduzierter Diskomfort. Frühere Studien haben hier einen Zusammenhang zwischen wahrgenommenem Diskomfort und aufgebrachter Relativkraft ergeben (Zacher 2004). Bewegungsrelevanter Diskomfort resultiert zudem aus der aktuell gegebenen Körperhaltung. Dieser haltungsinduzierte Diskomfort kann sehr unterschiedlich ausgeprägt sein, je nach Stellung des betrachteten Körperelements innerhalb des dazugehörigen Bewegungskonus. Für eine generelle Bewegungsoptimierung hat man damit aber auch schon den relevanten Teil des emotionalen Spektrums erfasst.

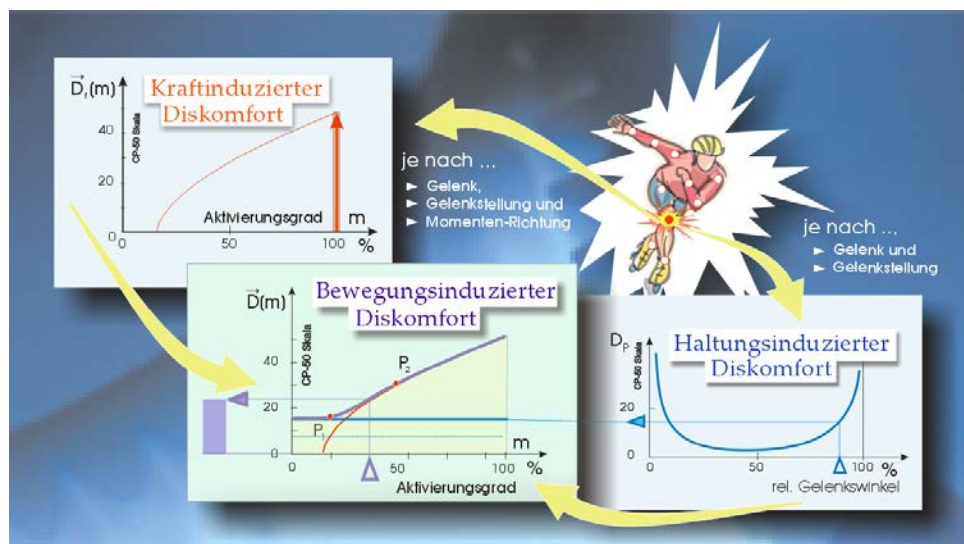


Abbildung 1: Kombination von kraft- und haltungs- induziertem Diskomfort

4.2 Emotionale Integration

Ein weiterer Schritt hebt auf die emotionale Zielfunktion ab. In unserem Bewegungsbeispiel kombinieren wir dazu kraft- und haltungsinduzierten Diskomfort zu ei-

nem emotionalen Gesamteindruck (s. Abb. 1). Eigene experimentelle Untersuchungen im Bewegungsbereich weisen hier speziell auf einen Maskierungsansatz hin, in Analogie zur Psychoakustik (Zacher 2004).

4.3 „Emotionales Regeln“

Aus dieser speziellen Sicht der Dinge können körperliche Bewegungen auf emotionaler Basis sich dann folgendermaßen einregeln (s. Abb. 2):

- wir registrieren unsere aktuelle Körperhaltung im aktuellen Umfeld;
- dazu entwerfen wir mögliche Alternativhaltungen;
- jede dieser Alternativen bewerten wir einzeln nach empfundenem Diskomfort;
- diejenige Alternative mit minimalem Diskomfort ist die optimale Alternative;
- genau diese Alternative setzen wir in einer neuen Körperhaltung um;
- diese neue Körperhaltung registrieren wir wieder im geänderten Umfeld, usw.

In jedem weiteren Zyklus dieses emotionalen Regelkreises überprüfen wir somit, immer ein wenig Zeit versetzt, unsere vorangehende Körperhaltung und korrigieren, falls diese komfortmäßig nicht mehr ganz passen sollte. Ein solcher Regelkreis ist in der Lage, fortschreitend körperliche Bewegungen zu produzieren.

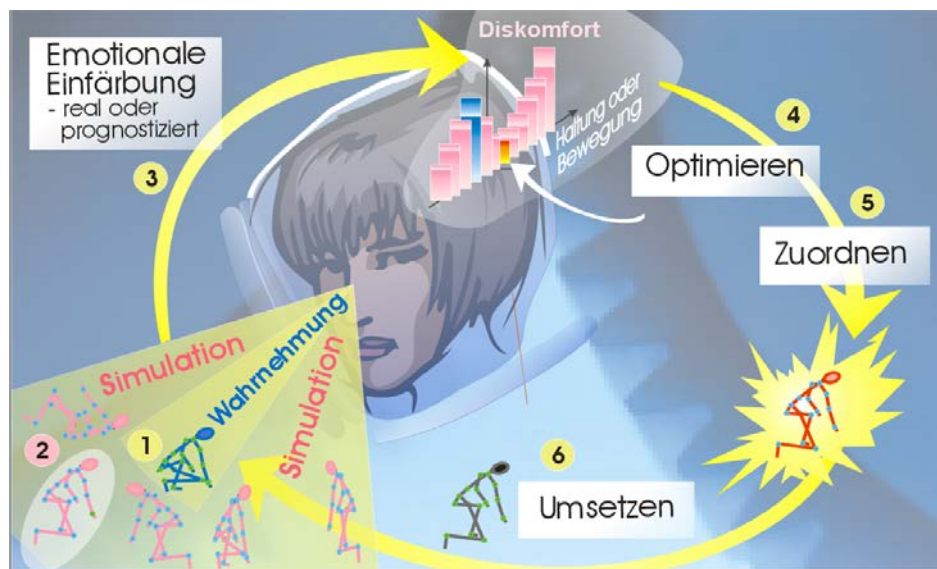


Abbildung 2: „Hedonistisches Regeln“ nach bewegungsinduziertem Diskomfort

5. Diskussion

Der entscheidende Schritt unseres Ansatzes liegt darin, dass es aktuell erlebte Emotionen sind, die u. a. auch körperliche Bewegungen determinieren. Dies ist ein Novum gegenüber traditionellen, physikalischen Optimierungsversuchen. In einer ersten Stufe bauen wir ein solches Modell für das Hand-Arm System auf. In sehr vereinfachter Form (FOCOP) werden damit aber auch schon Haltungen des gesamten Körpers berechnet – bislang mit erstaunlichem Erfolg (Seitz 2005).

Dies motiviert uns weiterhin, speziell die experimentelle Basis solch emotionaler Modelle verstärkt auszubauen, um möglichst alle Körperelemente des Menschen in solch ein Bewegungsmodell mit zu integrieren. Nicht zuletzt weist dieser Modellansatz über den Bereich von Haltung und Bewegung deutlich hinaus. Wachsende

Selbstständigkeit digitaler Modelle scheint somit auch in anderen Bereichen durchaus möglich zu sein - eine Fähigkeit, die dem menschlichen Original selbst vielleicht einmal unangenehm nahe kommen könnte.

6. Literatur

1. Jastrzebska-Fraczek, I., 2008, Ist das Design eines Automobils nur mit Material, Form und Farbe erfassbar In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg.), Produkt- und Produktions-Ergonomie – Aufgabe für Entwickler und Planer. Dortmund: GfA Press, 699-704.
2. Roth, G. 2001/2003, Fühlen, Denken, Handeln, Wie das Gehirn unser Verhalten steuert. Frankfurt: Suhrkamp.
3. Seitz, T., Recluta, D., Zimmermann, D. & Wirsching, H.-J. 2005, FOCOPP – An Approach for a Human Posture Model Using Internal/External Forces and Discomfort, SAE Technical Papers, Document Number 2005-01-2694.
4. Schaefer, P. & Zacher, I. 2006, On the way to autonomously moving manikins – empowered by discomfort feelings. In: R.N. Pikaar, E.A.P. Koningsveld & P.J.M. Settels, Meeting Diversity in Ergonomics. Amsterdam: Elsevier.
5. Zacher I. & Bubbs H. 2004, Strength Based Discomfort Model of Posture and Movement, SAE Technical Papers, Document Number 2004-01-2139.

Verteilung der visuellen Aufmerksamkeit in der Tiefe: Einfluss irrelevanter Information in unterschiedlichen Tiefendistanzen auf die Verarbeitung eines zentralen Reizes

Gerhard RINKENAUER und Marc GROSJEAN

*Institut für Arbeitsphysiologie an der Technischen Universität Dortmund,
Ardeystrasse 67, D-44139 Dortmund*

Kurzfassung: Ein relevanter Parameter für die Gestaltung von dreidimensionalen Displays ist die Aufmerksamkeitsverteilung in der Tiefe. Im Unterschied zur zweidimensionalen Aufmerksamkeitsverteilung auf der Bildelebene gibt es für die Tiefenebene kaum Untersuchungen. Um Aufmerksamkeitsverteilung in der Tiefenebene bestimmen zu können, wurde das Flankierreizparadigma verwendet. Dabei wurden die seitliche Distanz und die Tiefendistanz der Flankierreize zu einem Zielreiz variiert. Über die Flankierreizpositionen relativ zum Zielreiz wurden Indikatoren für die Aufmerksamkeitsgradienten in der Bildschirm- und in der Tiefenebene abgeleitet. Die Befunde legen nahe, dass die Aufmerksamkeitsverteilung nicht einem linearen Gradientenmodell entspricht, wie man es aufgrund von zweidimensionalen Untersuchungen erwarten würde, sondern eher ein nichtlineares Verhalten zeigt.

Schlüsselwörter: Selektive Aufmerksamkeit, Flankierreizparadigma, Aufmerksamkeitsgradient, Tiefe.

1. Einleitung

Bei der Untersuchung und Gestaltung von dreidimensionalen Displays werden oft nur Aspekte des peripheren visuellen Systems, wie zum Beispiel Vergenz oder Akkommodation, beachtet (z. B. Klope et al. 2007). Ein weiterer wichtiger Gestaltungsparameter ist jedoch die Verteilung der visuellen Aufmerksamkeit im Raum. Aufmerksamkeit wird als vermittelnder Prozess zwischen den peripher-sensorischen Informationen und der kognitiven Informationsverarbeitung angesehen. Der Grad, mit dem visuell-räumliche Information verarbeitet wird, hängt größtenteils von der Aufmerksamkeit ab, die dieser Information zugewiesen wird. Nahezu alle Aufmerksamkeitstheorien nehmen an, dass die visuell-räumliche Aufmerksamkeit als eine Art Fenster innerhalb des Gesichtsfelds beschrieben werden kann (für eine Übersicht siehe Fernandez-Duque & Johnson 2002). Visuelle Information innerhalb des Aufmerksamkeitsfensters wird im Zentrum stärker gewichtet, wohingegen Information am Rande nur wenig gewichtet und Information außerhalb des Fensters sogar eher ausgeblendet wird (z. B. Eriksen & Eriksen 1974).

Die Kenntnis der Aufmerksamkeitsverteilung im Kontext von dreidimensionalen Displays ist beispielsweise dann hilfreich, wenn der Einfluss konkurrierender Information in der Umgebung eines zentralen Reizes beurteilt werden soll. Erstaunlicherweise ist trotz der immensen Forschung zu Aufmerksamkeitsphänomenen bisher hauptsächlich die frontale Ebene zur Sehachse (zum Beispiel die Bildelebene) untersucht worden, kaum jedoch die Aufmerksamkeit in der Tiefe (vgl. aber Ander-

sen & Kramer 1993). Schon die physiologischen Aspekte der Verarbeitung von Tiefeninformation legen jedoch nahe, dass in die Verarbeitung von Tiefeninformation komplexere Wahrnehmungsmechanismen involviert sind als bei der Verarbeitung von 2D Information (z. B. Mallot 1998, S. 120 ff). Tatsächlich sprechen neuere Untersuchungen dafür, dass es Unterschiede in der Zuweisung von Aufmerksamkeit in 2D und 3D Umgebungen gibt (z. B. Theeuwes & Pratt 2003). Es stellt sich daher die Frage, inwieweit die Erkenntnisse über 2D Aufmerksamkeitsmechanismen auf die Tiefendimension und somit den 3D Raum übertragen werden können (siehe auch Rinkenauer & Grosjean 2007).

2. Methode

In unserer Untersuchung interessierten wir uns vor allem für die Aufmerksamkeitsverteilung, die während einer einzelnen Fixierung stattfindet und sich im zeitlichen Bereich von ca. 200 ms abspielt. Die Tiefenposition des verwendeten Reizmaterials wurde innerhalb des so genannten Panumbereichs variiert. In diesem Bereich entstehen keine Doppelbilder und die wahrgenommene Tiefe entspricht der Disparität (Mallot 1998). Der Sehwinkel (die Größe der retinalen Abbildung) der Reize wurde für alle Bedingungen konstant gehalten, so dass die Tiefeninformation ausschließlich über die binokulare Disparität kodiert wurde.

In unserer Pilotstudie wurde das so genannte Flankierreiz-Paradigma verwendet, um das Ausmaß der Aufmerksamkeitsverteilung in der Tiefe abschätzen zu können. In der typischen Ausführung dieses Paradigmas von Eriksen und Eriksen (1974) wird auf dem Bildschirm ein Zielreiz präsentiert, neben dem seitlich Flankierreize angeordnet sind. Eine beispielhafte Instruktion lautet, die linke Taste zu drücken, wenn der Zielreiz ein X ist, und die rechte Taste zu drücken, wenn der Zielreiz ein O ist. In kompatiblen Durchgängen sind Zielreiz und Flankierreiz identisch (z. B. XXX), in inkompatiblen Durchgängen sind Zielreiz und Flankierreiz nicht identisch (z. B. OXO). Man findet, dass die Reaktionszeiten in den kompatiblen Durchgängen kürzer sind als in den inkompatiblen, wenn die Flankierreize nahe am Zielreiz angeordnet sind. Dieser Reaktionszeitunterschied zwischen kompatiblen und inkompatiblen Durchgängen (Interferenzeffekt) nimmt mit zunehmender seitlicher Distanz der Flankierreize zum Zielreiz ab und verschwindet ganz, wenn die Flankierreize außerhalb des Aufmerksamkeitsfensters präsentiert werden. Das Paradigma ist somit geeignet, um die Weite des Aufmerksamkeitsfensters abzutasten. Die zentrale Frage unserer Untersuchung war, ob sich der gleiche Rückgang des Interferenzeffektes zeigen lässt, wenn die Flankierreize nicht nur lateral, sondern auch in die Tiefe verschoben werden.

Um die Ausdehnung des Aufmerksamkeitsfensters in die Tiefe beurteilen zu können, wurde daher in unserer Untersuchung zusätzlich zur seitlichen Distanz (Exzentrizität) die binokulare Tiefendistanz (Disparität) der Flankierreize manipuliert. Hierzu wurden zwei Tiefenebenen mit einer Disparität von ca. 20 Bogenminuten realisiert, indem mit Hilfe eines halbdurchlässigen Spiegels zwei Bildschirme in unterschiedlichen Distanzen zum Beobachter (186 cm und 223 cm) deckungsgleich dargestellt wurden. Die Exzentrizität der Flankierreize wurde im Bereich von 34 bis 105 Bogenminuten variiert. Zielreize und Flankierreize wurden entweder auf einer der Ebenen oder über beide Ebenen verteilt präsentiert. Zu Beginn jedes Durchgangs wurde die Tiefenebene des Zielreizes durch einen Fixationsreiz angezeigt. Die Probanden hatten die Aufgabe, nur auf den Zielreiz zu achten und je nachdem, ob ein X oder O

präsentiert wurde, die linke oder rechte Reaktionstaste zu betätigen.

3. Ergebnisse

An dem Experiment nahmen 16 Probanden teil. Insgesamt konnte das für das Flankierreiz-Paradigma erwartete Reaktionszeitmuster repliziert werden. Die mittlere Reaktionszeit betrug 421 ms, wobei je nach Position der Flankierreize auf kompatible Reizkonfigurationen um bis zu 35 ms schneller reagiert wurde als auf inkompatible. Die Abhängigkeit des Interferenzeffektes von der relativen Position der Flankierreize wird in Abbildung 1 dargestellt. Um den Gradienten des Interferenzeffektes besser visualisieren zu können wurden die Werte zwischen den Flankierreizpositionen interpoliert. Die Ergebnisse zeigen, dass wenn Zielreiz und Flankierreize auf der gleichen Ebene präsentiert werden, sich auch der typische Rückgang des Interferenzeffektes mit zunehmender Exzentrizität der Flankierreize zeigt (Eriksen & Eriksen 1974). Werden jedoch die Flankierreize vor oder hinter dem Zielreiz präsentiert, zeigt sich ein unterschiedliches Ergebnismuster. Der Interferenzeffekt für die Flankierreize mit niedriger Exzentrizität ist bei den unterschiedlichen Tiefenabständen numerisch sogar leicht erhöht, verschwindet aber fast vollständig, wenn die Flankierreize auf unterschiedlichen Tiefen mit einer großen Exzentrizität präsentiert werden.

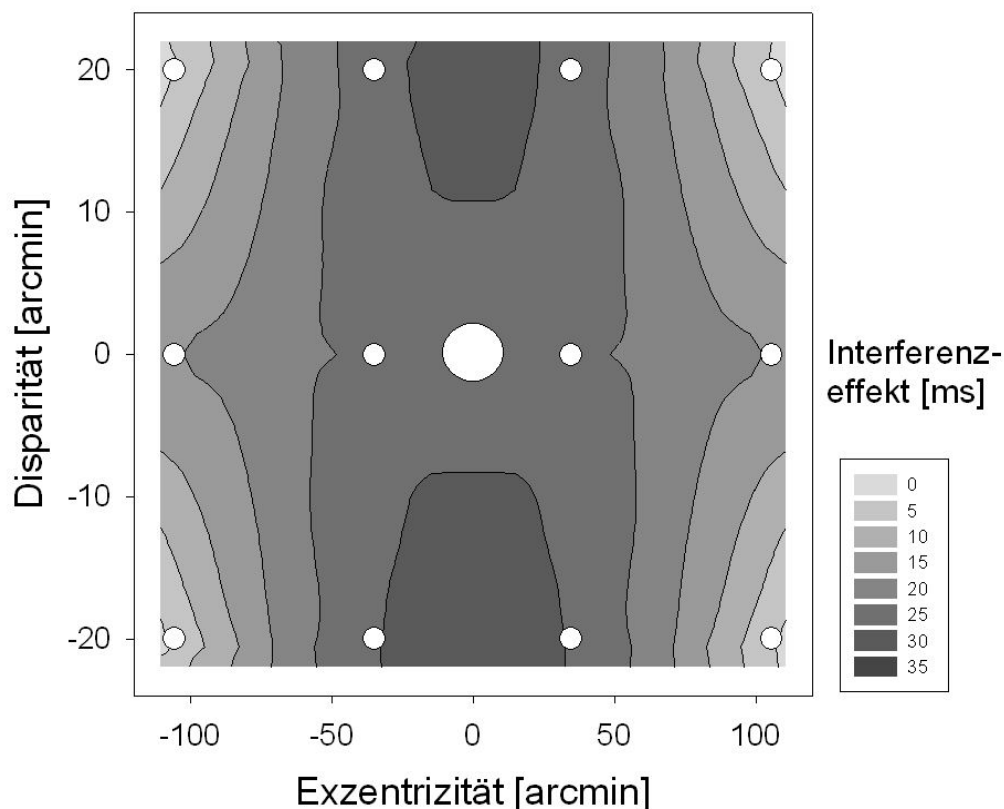


Abbildung 1: Interpolierte Verteilung des Interferenzeffektes relativ zum Zielreiz in Abhängigkeit von Exzentrizität (Distanz) und Disparität (Tiefe) in Bogenminuten (arcmin). Der große Punkt im Zentrum entspricht der Position des Zielreizes, die kleinen Punkte entsprechen den jeweiligen Flankierreizpositionen

4. Diskussion

Eine wichtige Größe für die Gestaltung von dreidimensionalen Displays ist die räumliche Aufmerksamkeit. Ausmaß und Form des Aufmerksamkeitsvolumens legen nämlich fest, welche Informationen innerhalb des Gesichtsfeldes verarbeitet werden. In unserer Untersuchung wurde das bekannte Flankierreizparadigma erweitert, um die Aufmerksamkeitsverteilung in der Tiefe beurteilen zu können. Als Indikator für das Ausmaß an Aufmerksamkeit wurde der Interferenzeffekt zwischen kompatiblen und inkompatiblen Reizkonfigurationen verwendet. Die Befunde legen nahe, dass die Aufmerksamkeit innerhalb des Panumbereichs ungleichmäßig verteilt ist. In der frontoparallelen Ebene des Zielreizes zeigt sich der typische Rückgang des Interferenzeffektes mit zunehmender Exzentrizität. Dieser Rückgang wird üblicherweise so interpretiert, dass bei großen Exzentrizitäten die Flankierreize aus dem Aufmerksamkeitsbereich heraustreten und daher keinen oder nur einen reduzierten Einfluss auf die Verarbeitung des Zielreizes haben. Würde man den gleichen Verlauf des Aufmerksamkeitsgradienten in die Tiefe annehmen, dann sollte sich der Interferenzeffekt auch reduzieren, wenn nur die Tiefendistanz der Flankierreize relativ zum Zielreiz verändert wird. Diese auf einem linearen Gradientenmodell beruhende Vorhersage konnte nicht bestätigt werden. Die gefundenen Tiefeneffekte zeigen einen eher nichtlinearen Verlauf, was nahe legt, dass Aufmerksamkeitseffekte in der frontoparallelen Ebene nicht notwendigerweise auf die Tiefenebene generalisiert werden können.

5. Literatur

1. Andersen, G. J. & Kramer, A. F. 1993, Limits of focused attention in three-dimensional space, *Perception & Psychophysics*, 53, 658-667.
2. Eriksen, B. A. & Eriksen, C. W. 1974, Effects of noise letters upon the identification of a target letter in a nonsearch task, *Perception & Psychophysics*, 16, 143-149.
3. Fernandez-Duque, D. & Johnson, M. L. 2002, Cause and effect theories of attention: The role of conceptual metaphors, *Review of General Psychology*, 6, 153-165.
4. Kloke, W.B., Jaschinski, W. & Rinkenauer, G. 2007, Beidäugige Koordination in Sehbedingungen von Head-up-Displays in Kraftfahrzeugen, *Zeitschrift für Arbeitswissenschaft*, 61, 225-233.
5. Mallot, H. A. 1998, Sehen und die Verarbeitung visueller Information. Braunschweig: Vieweg.
6. Rinkenauer, G. & Grosjean, M. 2007, Aufmerksamkeitsprozesse in realen und virtuellen dreidimensionalen Umgebungen. In: M. Rötting, G. Wozny, A. Klostermann & J. Huss (Hrsg.), *Prospektive Gestaltung von Mensch-Technik-Interaktion*, Fortschritt-Berichte VDI, Reihe 22, Nr. 25. Düsseldorf: VDI-Verlag, 471-476.
7. Theeuwes, J. & Pratt, J. 2003, Inhibition of return spreads across 3-D space, *Psychonomic Bulletin & Review*, 10, 616-620.

Effects of redundant visual stimuli in 3D space: Potential implications for interface design

Marc GROSJEAN und Gerhard RINKENAUER

*Institut für Arbeitsphysiologie an der Universität Dortmund,
Ardeystrasse 67, D-44139 Dortmund*

Summary: When dividing attention in 2D space, responses to redundant target stimuli are generally faster than responses to single target stimuli. The goal of the current study was to establish whether such performance gains also arise when redundant targets are defined by shape/color and 3D position (depth) information. This question was investigated by relying on the redundant-target detection paradigm and employing stereoscopic displays in which stimuli were presented at different planes in depth. Evidence for an advantage of redundant targets (i.e., with the proper shape/color and 3D position) was indeed obtained, which shows that attention can be effectively divided between shape/color and depth. Potential implications of these findings for 3D interface design are discussed.

Keywords: divided attention, depth, redundancy, interface design.

1. Introduction

The notion of divided attention is generally taken to refer to any situation in which an individual has to process more than one piece of information at the same time (e.g., Pashler 1998). Trying to read a book or drive a car while listening to what another person is saying are typical examples of such situations. In the laboratory, divided-attention tasks include, among other things, dual-task situations, visual search, and redundant-target detection. In the redundant-target detection paradigm, participants are asked to make a speeded response whenever one or more visual target stimuli or stimulus features are presented (e.g., Miller 1982). What has generally been found with 2D displays is that responses to redundant targets (e.g., with the proper shape and color) are faster than responses to single targets (i.e., with only the correct shape or color; Mordkoff & Yantis 1993).

Such redundancy gains, as they are known, are very important for the efficient design of human-machine interfaces (e.g., Backs & Walrath 1995; Chan & Chan 2005; Derefeldt et al. 1999). A well-known example is provided in Figure 1, which depicts a traffic light for pedestrians. One of the reasons why such interfaces are so effective is that their signals often contain redundant color, 2D position, and shape information. The presence of multiple (redundant) sources of information not only leads to improved levels of performance, but also allows sensory-challenged individuals (e.g., the color blind) to rely on the same human-machine interfaces as well (because red is almost always presented at the top of traffic lights). Given the ever increasing use of virtual and real 3D displays in human-machine interaction, the goal of the current study was to establish whether benefits in performance are also present when redundant targets are defined by shape/color and 3D position (depth) information.

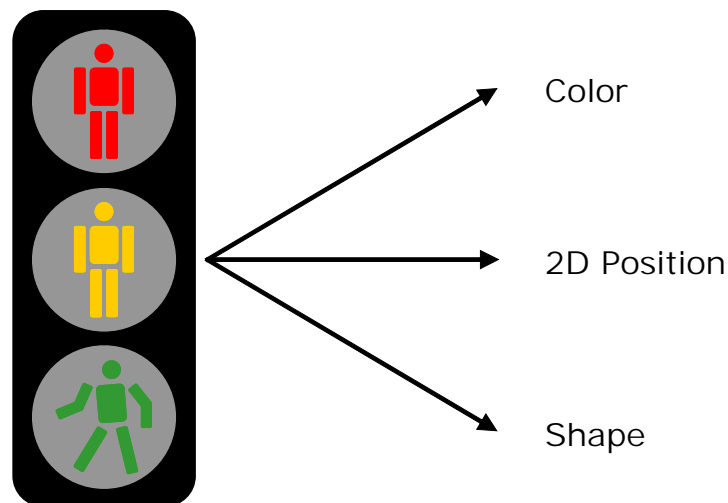


Figure 1: Example of a pedestrian traffic light (similar to the European standard) and the various types of (redundant) information it conveys. The colors from top to bottom are red, orange, and green

In addition to having potential practical implications, this question is also of more general interest for attention research. Indeed, although a variety of (spatial) attentional effects generalize from 2D to 3D viewing conditions (Andersen 1990; Atchley et al. 1997; Theeuwes et al. 1998), there are some notable exceptions. For example, in the context of visual search, motion-in-depth that is only stereoscopically defined (stereomotion) does not “pop out” among visual distractors as do 2D (up-down or left-right) stimulus motions (Harris et al. 1998). Moreover, unlike for positions in 2D space, the phenomenon of inhibition of return has been shown to spread across positions in 3D space, i.e., it is not limited to specific depths (Theeuwes & Pratt 2003). Exploring whether 3D position-based redundancy gains can be found is therefore also important for theories of attention, which have mainly focused on visual processing in 2D space.

2. Method

Two preliminary redundant-target detection experiments were performed using a go/no-go task. Both experiments employed depth as one of the relevant stimulus features and either shape or color as the other relevant feature.

2.1 Displays

Stimuli were stereoscopically presented at one of three depth planes using a CrystalEyes 3 stereo-display system (StereoGraphics Inc., CA) to simulate depth. A near and far depth plane contained place-holders (rotated squares) that indicated where in depth the stimuli could appear. These planes were separated by an intermediate fixation plane that was presented at the horopter. This plane contained two vertical fixation lines between which the stimuli could be viewed at all depth planes. At the viewing distance of 1 m, the binocular disparities used for the near and far planes corresponded to -9 and +9 arc min, respectively. In the shape experiment, the go/no-go stimulus consisted of the letter X, I, or O presented in white (always the same color). A yellow, magenta, or cyan X (always the same shape) was used in the color experiment.

2.2 Task and Design

In the shape experiment, participants were asked to press a button as soon as the go/no-go stimulus appeared in a given depth plane and/or had a given shape, and to otherwise withhold their response. The target (X) and nontarget (I, O) shapes were combined in a contingency-free fashion across target (near/far) and nontarget (far/near, intermediate) depth planes (cf. Mordkoff & Yantis 1993). The target depth plane was counter-balanced across participants. For example, participants in the near condition were instructed to respond whenever an X and/or a letter in the near depth plane was presented.

The color experiment was identical to the shape experiment, except that, in addition to depth, the other relevant stimulus feature was color. The target color was yellow and the nontarget colors were magenta and cyan. Thus, participants in the far condition, for example, were instructed to respond whenever a yellow X and/or a X in the far depth plane appeared.

3. Results

Participants made very few errors overall (< 2%). Figure 2 presents mean reaction time as a function of experiment and redundancy condition.

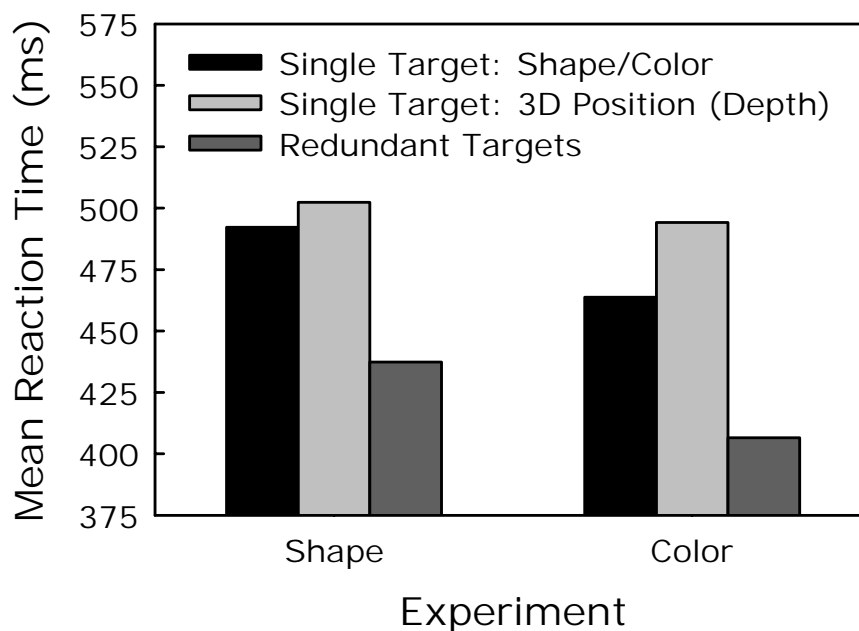


Figure 2: Mean reaction time as a function of experiment (shape, color) and redundancy (single target shape/color, single target 3D position, redundant targets)

As can be seen, mean reaction times were somewhat lower for the color than the shape experiment, which may simply reflect an overall group difference in response speed. More interestingly, for both experiments, evidence of a significant performance advantage of redundant targets (i.e., with the proper shape/color and 3D position) over single targets (i.e., with only the proper shape/color or 3D position) was obtained. The differences in reaction time between the single-target conditions in each experiment were not significant.

4. Discussion

The results of this study indicate that 3D position information can be processed in parallel to other stimulus features and thereby lead to reliable benefits in performance (for a more detailed discussion of this logic, see Miller 1982). This implies that attention can be divided between shape/color and depth, the same way it can be divided between other separable stimulus dimensions (e.g., shape and color; Mordkoff & Yantis 1993). In line with previous studies (Andersen 1990; Atchley et al. 1997; Theeuwes et al. 1998), these results further support the view that attention operates in similar ways in 2D and 3D space.

The present findings also have potential practical implications. Real and virtual 3D displays are increasingly used in human-machine interfaces, such as in head-up displays and virtual reality applications. In the same way redundant information based on 2D positions can be used to improve 2D interfaces, the systematic use of certain positions in depth could be relied upon to help design and improve 3D interfaces. As in the traffic light example mentioned above, the reliable use of specific depth positions in 3D displays could also benefit sensory-challenged individuals who have problems with the visual processing of non-spatial stimulus dimensions, such as color.

However, virtual and real 3D displays are often rather costly and sometimes difficult to integrate in existing interfaces. An aim for future research should therefore be to test whether similar redundancy gains can be obtained for "2.5D displays", in which depth is implied via monocular depth cues only.

5. References

1. Andersen, G.J. 1990, Focused attention in three-dimensional space, *Perception & Psychophysics*, 47, 112-120.
2. Atchley, P., Kramer, A.F., Andersen, G.J. & Theeuwes, J. 1997, Spatial cueing in a stereoscopic display: Evidence for a "depth-aware" attentional focus, *Psychonomic Bulletin & Review*, 4, 524-529.
3. Backs, R.W. & Walrath, L.C. 1995, Ocular measures of redundancy gain during visual search of colour symbolic displays, *Ergonomics*, 38, 1831-1840.
4. Chan, A.H.S. & Chan, K.W.L. 2005, Synchronous and asynchronous presentations of auditory and visual signals: Implications for control console design, *Applied Ergonomics*, 37, 131-140.
5. Derefeldt, G., Skinnars, Ö., Alfredson, J., Eriksson, L., Andersson, P., Westlund, J., Berggrund, U., Holmberg, J. & Santesson, R. 1999, Improvement of tactical situation awareness with colour-coded horizontal-situation displays in combat aircraft, *Displays*, 20, 171-184.
6. Harris, J.M., McKee, S.P. & Watamaniuk, S.N.J. 1998, Visual search for motion-in-depth: Stereomotion does not 'pop-out' from disparity noise, *Nature Neuroscience*, 1, 165-168.
7. Miller, J. 1982, Divided attention: Evidence for coactivation with redundant signals, *Cognitive Psychology*, 14, 247-279.
8. Mordkoff, J.T. & Yantis, S. 1993, Dividing attention between color and shape: Evidence for coactivation, *Perception & Psychophysics*, 53, 357-366.
9. Pashler, H.E. 1998, *The psychology of attention*. Cambridge, MA: MIT.
10. Theeuwes, J., Atchley, P. & Kramer, A.F. 1998, Attentional control within 3-D space, *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 24, 1476-1485.
11. Theeuwes, J. & Pratt, J. 2003, Inhibition of return spreads across 3-D space, *Psychonomic Bulletin & Review*, 10, 616-620.

Entwicklung eines Wahrnehmungstests auf Basis eines neurophysiologischen Modells

Edmund WASCHER und Michael FALKENSTEIN

*Institut für Arbeitsphysiologie an der Universität Dortmund (IfADo),
Ardeystrasse 67, D-44139 Dortmund*

Kurzfassung: Die Erfassung der Wahrnehmungsleistung ist ein wichtiger Parameter in der Testung kognitiver Fähigkeiten. Auf Basis eines neurophysiologischen Modells versuchen wir ein neues Verfahren zu entwickeln, das in seiner Trennschärfe durch einfache Variation von Reizparametern frei skalierbar ist. In ersten Versuchen können sowohl die Skalierbarkeit nachgewiesen, als auch die Messbarkeit altersbedingter Defizite in der Reizkontrolle gezeigt werden.

Schlüsselwörter: Visuelle Wahrnehmung, Aufmerksamkeit, Alter, Testverfahren.

1. Einleitung

Jede Interaktion mit der Umwelt basiert auf der Verarbeitung von Information, und deren Umsetzung in eine adäquate Handlung. Sie wird nur dann effektiv sein, wenn weder die Wahrnehmung- noch die Handlungsfähigkeit eingeschränkt sind. Die Funktionstestung der grundlegenden Leistungsparameter in diesen Bereichen zählt daher in vielen angewandten Kontexten (z.B. Prüfung der Fahreignung) zu den zentralen Messverfahren. Das Ziel der vorliegenden Studie ist es, den theoretischen Hintergrund eines neuen Ansatzes zur Testung der Wahrnehmungsleistung und dessen Möglichkeiten aufzuzeigen. Theoretischer Hintergrund sind neurophysiologische Modelle der Reizverarbeitung, die sowohl physikalische als auch intentionale Faktoren in der Reizverarbeitung berücksichtigen und die Effizienz der Verarbeitung als eine Interaktion dieser beiden Parameter definiert.

Bereits kleinste Störungen in der Abfolge von Sinneseindrücken können dazu führen, dass wichtige Informationen nicht verarbeitet werden (Rensink et al. 1997; Mack & Rock 1998). Neurophysiologisch kann diese Störung als das Ergebnis des Wettkampfes zwischen konkurrierenden Informationen gesehen werden (= biased competition; Desimone 1998; Reynolds & Desimone 2003). Dieser Wettkampf ist per se jedoch keine Störvariable, sondern ein grundlegender Mechanismus der Reizverarbeitung, der es dem Nervensystem erlaubt, relevante von irrelevanter Information zu trennen. Er ist determiniert durch die Tatsache, dass reizgetriebene Verarbeitung (die reflexartige Zuwendung zu einem hellen Licht oder einem lauten Ton) und intentionsbasierte Zuwendung (z.B. das Konzentrieren auf ein bestimmtes Gespräch oder einen Ausschnitt aus einem Bild) zwei unabhängige Einflussfaktoren auf denselben Auswahlmechanismus bilden. Fehlerhafte Wahrnehmung entsteht in diesem System dann, wenn bestimmte Eigenschaften irrelevanter Information oder Defizite in der Reizkontrolle auf Seiten des Beobachters dazu führen, dass irrelevante Information über relevante dominiert.

Auf Basis dieses Ansatzes lassen sich Testverfahren entwickeln, die auf die Evaluation basaler Wahrnehmungsfähigkeiten abzielen. Durch die Präsentation konkurrierender Information und die gleichzeitige Variation der jeweiligen physikalischen

Reizstärken, lassen sich gut kontrollierte experimentelle Situationen herstellen, in welchen die Wahrnehmbarkeit von Information sehr stark variiert.

Entsprechend der oben ausgeführten Logik werden Daten aus zwei Pilotversuchen gezeigt, welche die reizgetriebene und die intentionale Ebene dieses Modells getrennt prüfen sollten. Die spezifischen Fragestellungen waren hierbei:

- Lassen sich durch konkurrierende Information auch mit einfachen (experimentell gut kontrollierbaren) Reizen Wahrnehmungsstörungen erzielen, die durch Veränderungen einzelner Parameter modulierbar sind? Die hier verwendete Herangehensweise orientiert sich vor allem an eingangs erwähnten Methoden zur Erzeugung von Wahrnehmungsfehlern bei gesunden jungen Probanden.
- Lassen sich definierte Kontrolldefizite mit einem derartigen Test abbilden? Es ist bekannt, dass mit zunehmendem Alter vor allem die Fähigkeit, Information zu kontrollieren und nicht die sensorische Aufnahmeleistung beeinträchtigt wird (Hartley & Kieley 1995). Ist dies der Fall, so sollten ältere Menschen besonders dann schlechtere Leistungen zeigen, wenn in der Präsentation eine Konkurrenzsituation vorliegt, nicht jedoch, wenn Reize isoliert dargeboten werden.

2. Methode

2.1 Grundlegendes experimentelles Design

Wie bereits erwähnt, war es das Ziel, möglichst einfache, parametrisch veränderbare Reize zu verwenden, da dadurch die Skalierbarkeit des Tests ermöglicht würde (damit ist eine stufenlose Anpassung an die Leistungsfähigkeit des Beobachters gemeint). Die verwendeten Reize bestanden aus 2 Balken, links und Rechts von einem Fixationskreuz, die entweder heller oder dunkler als der Hintergrund waren (in den vorliegenden Daten ± 20 cd). Die Balken konnten vertikal oder horizontal orientiert sein. In einem Durchgang wurde immer zwei aufeinander folgende Bilder präsentiert und die Veränderung (in Orientierung und/oder Helligkeit; siehe Abbildung 1) war von den Versuchsteilnehmern zu erkennen.

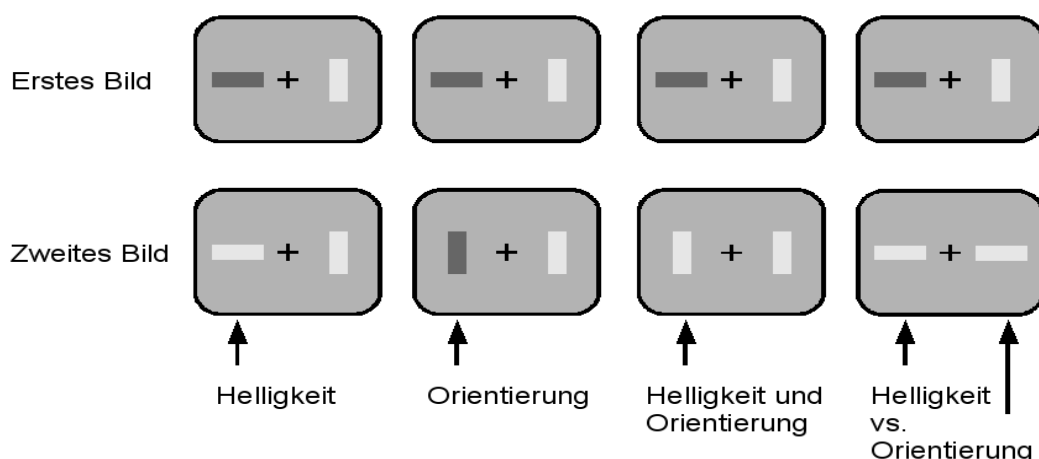


Abbildung 1: Beispiel der Wechselbedingungen

Im ersten Teil wurden die Reize jeweils nur für 100 ms gezeigt. Zwischen den beiden Reizen konnte für einen kurzen Moment (gap: 50 ms) der Hintergrund gezeigt werden (Exp. 1a), oder auch nicht (Exp. 1b). In der Alterstudie wurden die Reize je-

weils 1s ohne gap gezeigt (Exp. 2).

In Experiment 1 musste die Art des Wechsels (Helligkeit / Orientierung) mit Hilfe von Tasten angezeigt werden. In Experiment 2 musste der Wechsel der Helligkeit entdeckt werden und die Taste auf derselben Seite gedrückt werden.

2.2 Versuchsteilnehmer

An Experiment 1 nahmen 10 junge Probanden teil. In Experiment 2 nahmen 10 ältere (55 – 63 Jahre) und 10 jüngere (18 – 29 Jahre) Probanden teil.

2.3 Datenauswertung

Für jede der 4 Versuchsbedingungen (Orientierungswechsel, Helligkeitswechsel, einseitiger Wechsel beider Dimensionen, Wechsel von Helligkeit an einer und Wechsel der Orientierung an der anderen Position [Konkurrenzbedingung]) wurden Fehleraten erfasst und entsprechend der Versuchfrage miteinander verglichen.

3. Ergebnisse

Im ersten Experiment (siehe Abbildung 2, linke Seite) zeigte sich, dass durch die Unterbrechung der Reizabfolge (für einen kurzen Moment war nur der Hintergrund zu sehen) eine beträchtliche Störung der Erkennungsleistung vor allem in der Konkurrenzsituation (Wechsel von Orientierung und von Helligkeit an gegenüberliegenden Orten) auftritt. Erste vertiefende Analysen der Fehlertypen und von EEG-Parametern zeigen, dass nur der physikalisch dominante Reiz gesehen wird.

In der Alterstudie (siehe Abbildung 2, rechte Seite) zeigt sich trotz der langen Darbietungsdauer auch ein starker Anstieg der Fehlerhäufigkeit in der Konkurrenzbedingung. Dieser Anstieg ist bei älteren Probanden überproportional hoch, vor allem auf dem Hintergrund der nahezu identischen Performance in den einfachen Reizbedingungen (Alle berichteten Ergebnisse sind statistisch abgesichert).

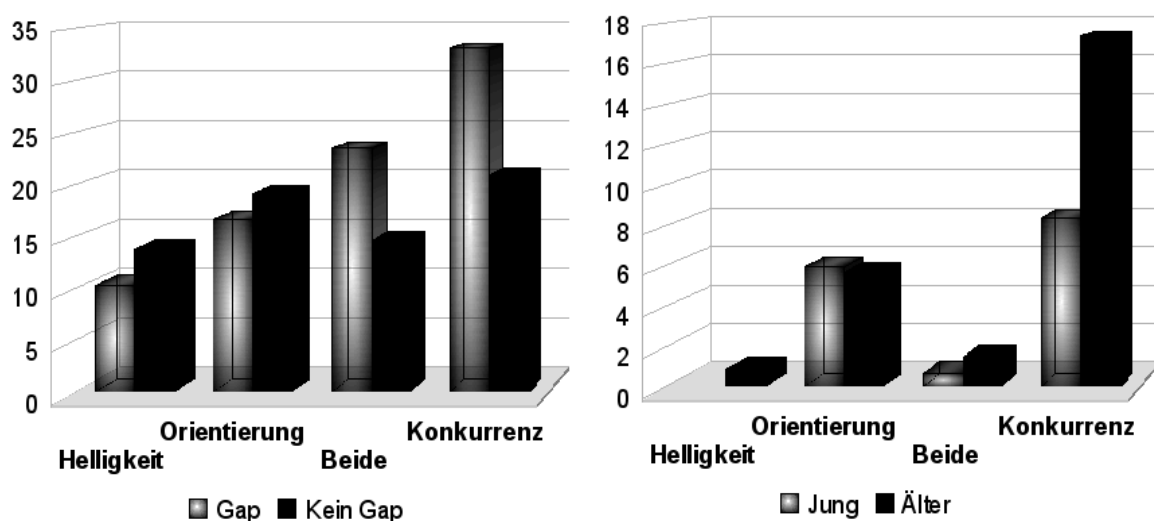


Abbildung 2: Fehlerraten in den 4 Versuchsbedingungen. Auf der linken Seite ist der Vergleich zwischen unterbrochener und kontinuierlicher Darbietung dargestellt (Experimente 1a und 1b). Auf der rechten Seite ist der Vergleich einer jungen und einer älteren Population bei ungestörter Reizdarbietung dargestellt

4. Diskussion

Basierend auf dem Modell der „biased competition“ wurde ein erster Entwurf eines einfachen Wahrnehmungstest entwickelt, der zumindest theoretisch eine hohe Skalierbarkeit aufweisen (über physikalische Reizeigenschaften) und außerdem sehr sensitiv für Defizite in der Reizkontrolle sein sollte, wie sie z.B. bei Ermüdung oder mit zunehmendem Alter auftreten. Beide Ziele konnten bereits in dieser ersten Pilotphase erreicht werden.

Alleine die kurze Unterbrechung der Reizdarbietung führte im ersten Experiment zu einer Verdoppelung der Fehlerraten in der Konkurrenzsituation. Derartige Reizunterbrechungen sind bekannt aus Change-Blindness-Experimenten und scheinen die reflexive Aufmerksamkeitszuwendung zu unterbrechen. Es ist beeindruckend, dass trotz des extrem einfachen Reizdesigns (2 Orientierungen und 2 Helligkeiten) Fehleraten von bis zu 33% erreicht werden. Das zeigt, wie anfällig das menschliche Wahrnehmungssystem für Störungen ist.

Im zweiten Experiment zeigten sich ältere Teilnehmer ganz besonders beeinträchtigt durch die Konkurrenzbedingung. Die physikalischen Eigenschaften der Reizdarbietung waren im Vergleich zu Experiment 1 extrem vereinfacht und trotzdem konnten ein Helligkeitswechsel oft nicht erkannt werden, wenn gleichzeitig ein Orientierungswechsel stattfand. Dieses Ergebnis bestätigt eindrucksvoll das bereits experimentell nachgewiesene Defizit älterer Menschen in der Kontrolle konkurrierender Reize.

Zusammenfassend zeigt sich der „biased competition“ Ansatz als sehr vielversprechend für die Entwicklung sensitiver Wahrnehmungstests. Über Veränderung basaler Reizeigenschaften würden sich so aufgebaute Tests beliebig skalieren lassen um in unterschiedlichen Kontexten eingesetzt werden zu können.

5. Literatur

1. Desimone, R. 1998, Visual attention mediated by biased competition in extrastriate visual cortex, *Philosophical transactions of the Royal Society of London, Series B, Biological sciences*, 353, 1245-1255.
2. Hartley, A.A. & Kieley, J.M. 1995, Adult age differences in the inhibition of return of visual attention, *Psychology & Aging*, 10, 670-683.
3. Mack, A. & Rock, I. 1998, *Inattention blindness*. Cambridge-London: MIT-Press.
4. Rensink, R.A., O'Regan, J.K. & Clark, J.J. 1997, To see or not to see: the need for attention to perceive changes in scenes, *Psychological Science*, 8, 368-373.
5. Reynolds, J.H. & Desimone, R. 2003, Interacting roles of attention and visual salience in V4, *Neuron* 37, 853-863.

Visuelle Informationsverarbeitung im Kontext von Head-Up-Displays: Vorbereitungseffekte auf kinematische Eigenschaften der Lenkbewegung in einer Spurwechselaufgabe

Peter HOFMANN, Dietmar GUDE und Gerhard RINKENAUER

*Institut für Arbeitsphysiologie an der Universität Dortmund,
Ardeystr. 67, D-44139 Dortmund*

Kurzfassung: Head-Up-Displays (HUDs) sollen Sicherheit und Fahrleistung von Autofahrern erhöhen. Inwieweit sich HUD-Informationen auf die Vorbereitung einer komplexen Lenkbewegung auswirken, wird in einer Spurwechselaufgabe untersucht. Die Analyse der kinematischen Bewegungseigenschaften in Abhängigkeit von inhaltlicher Vorbereitung auf den Spurwechsel weist auf veränderte Bewegungsprofile hin: Je mehr Informationen über den auszuführenden Spurwechsel bekannt sind, desto kürzer werden die Bewegungsphasen um den ersten Umkehrpunkt der Lenkbewegung. Die Ergebnisse werden im Sinne der „Movement Integration Hypothesis“ als Steigerung der motorischen Effizienz interpretiert.

Schlüsselwörter: Handlungsvorbereitung, Head-Up-Display, Spurwechselaufgabe, Kinematik.

1. Einleitung

Head-Up-Displays (HUDs) entwickeln sich zunehmend zu einem festen Bestandteil von Fahrerassistenzsystemen. Sie versorgen den Fahrer mit Informationen über den Zustand von Fahrzeug und Umgebung. Ziele des Einsatzes von HUDs können die Erhöhung der Sicherheit durch niedrigere visuelle Scanningkosten (Ward & Parkes 1994), leichtere Informationsverarbeitung durch kontaktanaloge Darstellungen (Tufano 1997) oder Verbesserungen der Fahrleistung (Spurhalten, Geschwindigkeitskontrolle, Reaktionszeit auf unvorhergesehene Ereignisse, Horrey & Wickens 2004) sein. Folglich lässt die Verwendung von HUDs eine bessere Vorbereitung des Fahrers auf anstehende Aufgaben erwarten. Inwieweit handlungsvorbereitende Informationen nicht nur Auswirkungen auf Reaktionszeiten, sondern darüber hinaus auf die Effizienz und Kinematik einer komplexen Fahrzeugsteuerungsbewegung haben können, ist im Hinblick auf die Führung eines Fahrzeuges ein wenig untersuchter Gegenstand.

Aus kognitionspsychologischer grundagentheoretischer Sicht lässt inhaltliche Handlungsvorbereitung (Rosenbaum 1980) die Spezifizierung der Parameter motorischer Programme erwarten, so dass es in der Folge zu kürzeren Reaktionszeiten kommt. Im Hinblick auf die Bewegungsausführung einfacher zielgerichteter manueller Bewegungen weisen einzelne Studien auf Veränderungen der Bewegungsprofile in Abhängigkeit von inhaltlicher Vorbereitung hin (Mieschke et al. 2001). Inwiefern eine komplexe beidhändige Lenkbewegung, wie sie z.B. zur Steuerung eines Spurwechsels notwendig wird, von handlungsvorbereitenden Prozessen inhaltlicher Art profitiert, ist dagegen offen und es sind verschiedene Hypothesen denkbar:

- Handlungsvorbereitende Informationen haben nur Einfluss auf Reaktionszei-

ten, nicht jedoch auf die Kinematik der Bewegungsausführung.

- Eine bessere Handlungsvorbereitung führt nicht notwendigerweise zu Veränderungen der Gesamtbewegungszeit, jedoch zu kürzeren ballistischen und längeren visuell kontrollierten Bewegungsanteilen, da so insbesondere das visuelle Feedback bestmöglich zur Optimierung der Position im Sinne fehlerkorrigierender Prozesse genutzt werden kann (Elliott et al. 1999).
- Wenn eine bessere Handlungsvorbereitung zu einer verkürzten Bewegungszeit führt, dann profitieren alle einzelnen Bewegungsphasen gleichermaßen. Diese Erwartung folgt aus der Theorie generalisierter motorischer Programme (Schmidt et al. 1979).
- Bessere Handlungsvorbereitung verkürzt die Bewegungszeit, jedoch profitieren nur einzelne Bewegungsphasen; insbesondere diejenigen, die nahe an den Umkehrpunkten der Lenkbewegung liegen. Diese Erwartung basiert auf der Annahme einer engen Verzahnung reziproker Bewegungen, in denen ein antagonistisch beeinflusster erster Bewegungsteil gleichzeitig den Auftakt zu einem zweiten agonistisch gesteuerten Bewegungsteil bildet („Movement Integration Hypothesis“, Adam et al. 2000).

Die Fragestellung wurde im Rahmen einer Reaktionszeitstudie bearbeitet, um zwischen den einzelnen theoretischen Konzepten besser trennen zu können und somit die zugrunde liegenden Mechanismen der Handlungsvorbereitung in einem Fahrkontext weiter aufzuklären.

2. Methode

2.1 Fahraufgabe

Um inhaltliche Vorbereitungsprozesse während des Fahrens untersuchen zu können, wurde eine Spurwechselaufgabe als zentrales Untersuchungsparadigma entwickelt. Diese wurde stereoskopisch auf einem Projektionstisch präsentiert, so dass die Versuchspersonen einen dreidimensionalen Eindruck von Fahrbahn und HUD erhielten. Die Fahrbahn verlief ausschließlich geradeaus und bestand aus mehreren Fahrspuren, so dass die Versuchspersonen nie den Fahrbahnrand zu sehen bekamen. Die Versuchspersonen steuerten ein virtuelles Fahrzeug mit Hilfe eines Lenkrades mit konstanter Geschwindigkeit (ca. 60 km/h) über die Fahrstrecke und sollten auf mittels HUD eingeblendete Richtungspfeile (imperative Zielreize), die ebenfalls eine Spurnzahl codierten, schnellstmöglich mit einem Spurwechsel in die angegebene Richtung um die geforderte Anzahl Spuren reagieren. Das virtuelle Fahrzeug sollte grundsätzlich in der Mitte der jeweiligen Fahrspur gehalten werden.

2.2 Bewegungsanalyse

Im Hinblick auf die Lenkrichtung besteht die Lenkbewegung eines prototypischen Spurwechsels aus drei einzelnen Bewegungsphasen. Zunächst erfolgt ein Auslenken aus der ursprünglichen Spur in Richtung der Zielspur, anschließend ein Gegenlenken in Richtung der Herkunftsspur und zuletzt ein Einlenken zurück in die neutrale Mittelstellung des Lenkrades (Godthelp 1985). Jede einzelne Phase lässt sich anhand der jeweils erreichten maximalen Lenkgeschwindigkeit in eine erste eher ballistisch und eine zweite eher visuell kontrollierte Teilphase zerlegen (Abbildung 1). In die Auswertung der Daten gingen letztlich ausschließlich die ersten beiden Bewegungsphasen

(Auslenken und Gegenlenken) ein, da sich die dritte Phase (Einlenken) nicht ausreichend von den zum Halten der Spurmitte kontinuierlich geforderten Lenkbewegungen abgrenzen ließ. Analysiert wurden die Dauern der jeweiligen Teilphasen und die jeweils maximal erreichten Lenkgeschwindigkeiten jeder einzelnen Bewegung.

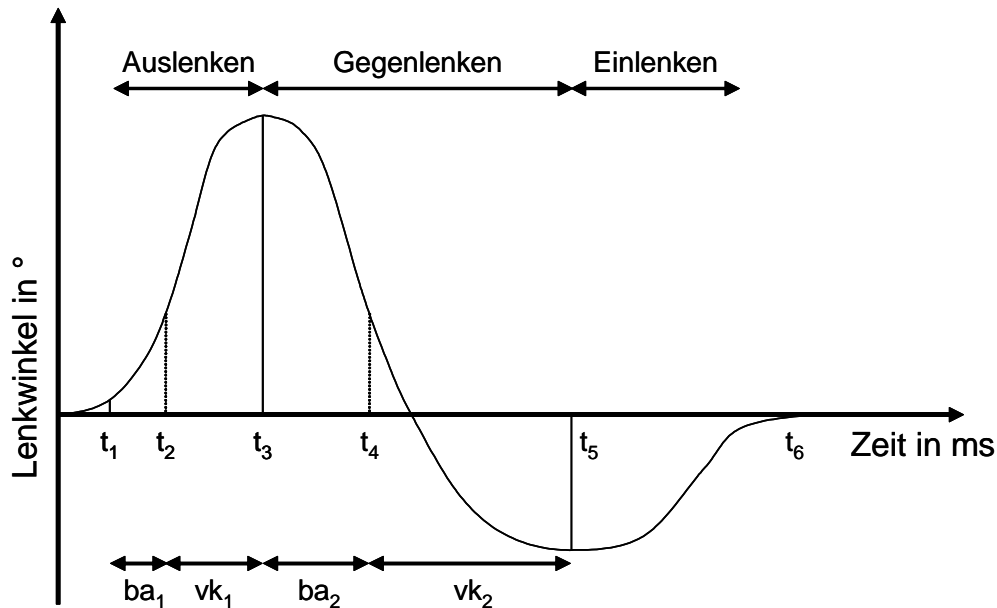


Abbildung 1: Skizze einer prototypischen Lenkbewegung beim Spurwechsel. *t*₁: Beginn der Reaktion; *t*₂: Zeitpunkt max. Lenkgeschwindigkeit beim Auslenken; *t*₃: erster Umkehrpunkt der Lenkbewegung; *t*₄: Zeitpunkt max. Lenkgeschwindigkeit beim Gegenlenken; *t*₅: zweiter Umkehrpunkt der Lenkbewegung; *t*₆: Endzeitpunkt des Einlenkens. *ba*₁: erste ballistische Phase; *ba*₂: zweite ballistische Phase; *vk*₁: erste visuell kontrollierte Phase; *vk*₂: zweite visuell kontrollierte Phase

Als Qualitätsmerkmale für jeden ausgeführten Spurwechsel wurden die erreichte Position zum Ende der Gegenlenkbewegung und die Anzahl der Lenkkorrekturen nach Abschluss des Gegenlenkens für die Dauer einer Sekunde berechnet.

2.3 Experiment

Es wurde ein Experiment durchgeführt, das die Auswirkungen inhaltlicher Vorbereitung auf die kinematischen Phasen der Lenkbewegung zum Gegenstand hatte. Inhaltliche Vorbereitung erfolgte durch die partielle oder vollständige Weitergabe von Informationen über Richtung und Anzahl der zu wechselnden Spuren in konstanten Abständen vor dem imperativen Zielreiz, der den Spurwechsel immer vollständig determinierte.

3. Ergebnisse

Grundsätzlich bestätigten die Reaktionszeitergebnisse die Wirksamkeit handlungsvorbereitender Mechanismen in einer Spurwechselaufgabe. Inhaltliche Vorbereitung führte zu kürzeren Reaktionszeiten. Im Hinblick auf die Kinematik erwies sich die inhaltliche Vorbereitung als konsistent wirksamer Faktor. Sowohl vorab gegebene Richtungs- als auch Spurzahlinformationen führten jeweils zu Verkürzungen der ersten visuell kontrollierten Phase und der zweiten ballistischen Phase. Beide Informa-

tionen zusammen führten interaktiv zu den kürzesten Dauern der genannten Phasen. Die Qualität der Spurwechsel blieb weitestgehend unbeeinflusst von den experimentellen Faktoren.

4. Diskussion

Das hier umrissene Experiment zeigt, dass HUDs inhaltliche Handlungsvorbereitungsmechanismen bei komplexen Lenkbewegungen, die im Rahmen einer kontinuierlichen Spurwechselaufgabe durchgeführt werden, auslösen können. Darüber hinaus ergaben sich Effekte der inhaltlichen Handlungsvorbereitung auf die Kinematik der Lenkbewegung. Die Verkürzungen der Lenkphasen, die um den ersten Umkehrpunkt der Lenkbewegung angesiedelt sind, stützen die „Movement Integration Hypothesis“ nach Adam et al. (2000), lassen sich jedoch nicht in Einklang bringen mit der Theorie generalisierter motorischer Programme (Schmidt et al. 1979) bzw. Erkenntnissen aus der Untersuchung von handlungsvorbereitenden Prozessen bei einfachen Zielbewegungen (Elliott et al. 1999).

Da sich die Effekte nicht nur auf die initiale Bewegungsphase konzentrieren, erwecken die Ergebnisse den Anschein, als könnten auch spätere Bewegungsteile in einer Sequenz funktional zusammenhängender Bewegungen von Planungsprozessen profitieren und effizienter ausgeführt werden. Nicht ausschließen lässt sich jedoch, dass die Verkürzung der ballistischen Phase der Gegenlenkbewegung durch die Änderung der Drehrichtung des Lenkrades und die damit einhergehende Bewegungsumkehr zustande kam. In diesem Fall wäre sie ein Artefakt der Bewegungsauswahl.

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. Elliott, D., Binsted, G. & Heath, M. 1999, The control of goal-directed limb movements: Correcting errors in the trajectory, *Human Movement Science*, 18, 121-136.
3. Godthelp, H. 1985, Precognitive Control: open- and closed-loop steering in a lane-change manoeuvre, *Ergonomics*, 28, 1419-1438.
4. Horrey, W.J. & Wickens, C.D. 2004, Driving and Side task Performance: The Effects of Display Clutter, Separation, and Modality, *Human Factors*, 46, 611-624.
5. Mieschke, P.E., Elliott, D., Helsen, W.F., Carson, R.G. & Coull, J.A. 2001, Manual Asymmetries in the Preparation and Control of Goal-Directed Movements, *Brain and Cognition*, 45, 129-140.
6. Rosenbaum, D.A. 1980, Human Movement Initiation: Specification of Arm, Direction, and Extent, *Journal of Experimental Psychology: General*, 109, 444-474.
7. Schmidt, R.A., Zelaznik, H., Hawkins, B., Frank, J.S. & Quinn, J.T. 1979, Motor-Output Variability: A Theory for the Accuracy of Rapid Motor Acts, *Psychological Review*, 86, 415-451.
8. Tufano, D.R. 1997, Automotive HUDs: The Overlooked Safety Issues, *Human Factors*, 39, 303-311.
9. Ward, N. J. & Parkes, A. 1994, Head-up displays and their automotive application: an overview of human factors issues affecting safety, *Accident Analysis and Prevention*, 26, 703-717.

Ältere Fahrer und Informationssysteme: Evaluation des Einflusses der Displaykomplexität auf die Ausführung einer Spurwechselaufgabe.

Ellen S. WILSCHUT¹, Gerhard RINKENAUER¹,
Karel A. BROOKHUIS² und Michael FALKENSTEIN¹

¹ *Institut für Arbeitsphysiologie an der TU Dortmund,
Ardeystrasse 67, D-44139 Dortmund*

² *Universität Groningen, Grote Kruisstraat 2/1, NL-9712 TS Groningen*

Kurzfassung: Fahrerinformationssysteme können die Performanz der Fahraufgabe negativ beeinflussen. In unserer Studie sollte überprüft werden, inwieweit eine Fahraufgabe durch die Komplexität von Suchaufgaben eingeschränkt wird und bis zu welchem Ausmaß visuelle Suchaufgaben noch bearbeitet werden können. Hierzu wurden jüngere und ältere Probanden instruiert, während der Ausführung einer Spurwechselaufgabe innerhalb eines Displays nach vorgegebenen Zielreizen zu suchen. Diese Suchaufgaben konnten entweder einfach oder komplex sein. Es zeigt sich, dass sowohl bei den jungen als auch älteren Fahrern die Fahraufgabe durch die Komplexität der Nebenaufgabe beeinflusst wird. Im Unterschied zu den jüngeren mussten die älteren Fahrer aber in der komplexen Situation die Bearbeitung der Suchaufgabe nahezu vollständig aufgeben, um die Fahraufgabe noch bewältigen zu können.

Schlüsselwörter: Aufmerksamkeit, Doppelaufgaben, Fahren, Suchaufgabe.

1. Einleitung

Die Anzahl und Vielfalt von Funktionen bei Fahrerinformationssystemen nimmt kontinuierlich zu. Trotz der Vorteile stellt sich immer wieder die Frage, inwieweit diese Systeme ein Sicherheitsrisiko darstellen, das sie von der eigentlichen Fahraufgabe ablenken können (Brouwer et al. 1991; Brookhuis et al. 1991; Merat et al. 2005). Aus der Sicht der Kognitionspsychologie entsteht bei der Interaktion mit Informationssystemen während der Fahrt eine typische Doppelaufgabensituation. Die zentrale Frage dabei ist, inwieweit die Primäraufgabe (Fahren) durch die Interaktion mit Informationssystemen (Sekundäraufgabe) beeinflusst wird und ab welchem Grad der Ablenkung die Primäraufgabe nicht mehr ausreichend bewältigt werden kann. Das Verständnis für diese Zusammenhänge ist notwendig, um die Schnittstellen von Informationssystemen im besten Falle so gestalten zu können, dass die Interaktion keine oder nur minimale Auswirkungen auf die Primäraufgabe hat. Dies betrifft neben der Gestaltung von Bedienelementen insbesondere die Gestaltung der Displays, da der größte Anteil des Informationsaustausches an der Mensch-Maschine-Schnittstelle über die visuelle Modalität stattfindet (Horrey & Wickens 2004). Neben optischen Parametern, wie Größe und Kontrast der angezeigten Inhalte, spielen vor allem auch Aufmerksamkeitsaspekte eine Rolle. Diese Aspekte betreffen vor allem die Frage, wie Informationsanzeigen gestaltet werden sollen, damit das menschliche Wahrnehmungssystem relevante Information innerhalb eines Displays möglichst

leicht aus nichtrelevanter Information extrahieren kann. Viele Grundlagenstudien aus der Kognitionspsychologie belegen, dass bei der Suche von Informationen vor allem Schwierigkeiten im Extraktionsprozess das Ausmaß an Aufmerksamkeitsressourcen bestimmt, die für die Suche benötigt werden und dann bei der Bearbeitung der Fahraufgabe fehlen können. Grenzen in der Fähigkeit, Doppelaufgabensituationen zu bewältigen, werden aber auch durch individuelle Merkmale des Nutzers bestimmt. So wird beispielsweise vermutet, dass es insbesondere bei älteren Fahrern aufgrund des normalen Alterungsprozesses zu Einbußen in der Leistungsfähigkeit perzeptueller, kognitiver und motorischer Funktionen kommen kann (Anstey et al. 2005; Falkenstein & Sommer 2007; Rinkenauer 2007), die sich vor allem in Doppelaufgabensituationen nachteilig auswirken können. Ziel der hier vorgestellten Pilotuntersuchung war es daher zu überprüfen, in welchem Umfang die Komplexität einer Suchaufgabe die Fahrleistung bei jüngeren und älteren Fahrern beeinflusst und bis zu welchem Komplexitätsgrad Suchaufgaben noch bewältigt werden können.

2. Methode

An der hier vorgestellten Pilotstudie nahmen 12 junge und 12 ältere Probanden teil (mittleres Alter 20 und 58 Jahre). Die simulierte Fahraufgabe bestand aus einer geraden Strecke mit drei Spuren (Mattes 2003). Das Szenario wurde über einen Projektionsschirm in einer Distanz von 2 m und mit einem horizontalen Sehwinkel von 38 Grad präsentiert. In der Doppelaufgabensituation wurden 8 Streckenabschnitte verwendet, die einer Länge von jeweils 3 km entsprachen. Auf jeder dieser Strecken wurden 18 Spurwechsel gefordert. Die jeweilige Fahrspur wurde über Schilder am Streckenrand vorgegeben. Um Kompensationshandlungen vorzubeugen, zum Beispiel bei komplexen Suchaufgaben langsamer zu fahren, wurden die Versuchspersonen instruiert, das Gaspedal bis an den Anschlag durchzudrücken, so dass die Strecken mit einer konstanten Geschwindigkeit von 60 km/h befahren wurden.

Für die Suchaufgabe wurde ein bewährtes Suchparadigma von Jamson und Merat (2005) adaptiert. Aufgabe der Probanden war zu entscheiden, ob ein bestimmter Zielreiz innerhalb von Distraktoren vorhanden ist. Die verwendeten Suchdisplays bestanden aus einer 3x3 Matrix (Sehwinkel = 1,6 Grad) und wurden in einer Entfernung von 1,45 m etwa auf Konsolenhöhe präsentiert. Die Zielreize wurden an zufällig ausgewählten Positionen in der Matrix dargestellt und die restlichen Positionen mit Distraktoren belegt. Ein Zielreiz bestand entweder aus einem grünen Pfeil, der nach oben zeigte, oder einem roten Pfeil, der nach rechts zeigte. Die Zielreize wurden in 50 % der Durchgänge präsentiert und die Probanden sollten über zwei Reaktionstasten am Lenkrad anzeigen, ob ein Zielreiz vorhanden war oder nicht. In der einfachen Suchbedingung konnte ein präsentierter Zielreiz anhand eines einzelnen Merkmals (Farbe oder Richtung) identifiziert werden (pop-out search). In der schwierigen Suchbedingung war der Zielreiz schwieriger zu diskriminieren, da entweder Farbe oder Richtung des Zielreizes auch bei den Distraktoren verwendet wurde (conjunction search).

Primär- und Sekundäraufgaben wurden zuerst separat durchgeführt. In der Doppelaufgabensituation wurden dann beide Aufgaben kombiniert und die Probanden instruiert, dass die Fahraufgabe die wichtigere Aufgabe war. Als Index für die Fahrleistung diente die gemittelte Abweichung von einer Standardspur (Mattes 2003). Für die Suchaufgabe wurde die mittlere Reaktionszeit (RT) und Fehlerrate für jede Suchbedingung bestimmt. Als subjektives Maß für Anstrengung wurde nach jeder gefah-

renen Strecke die mentale Anstrengung mit Hilfe eines Fragebogens erhoben (RSME, Zijlstra 1993).

3. Ergebnisse

Die Ergebnisse in Abbildung 1 zeigen die objektiven Leistungsindikatoren und die subjektive Anstrengungsbewertung in Abhängigkeit von der Komplexität der Nebenaufgabe für beide Altersgruppen. Bei der Primäraufgabe zeigte sich für komplexe Suchaufgaben in beiden Altersgruppen eine höhere mittlere Spuraabweichung als bei den einfachen Suchaufgaben. Die Älteren verschlechterten sich dabei in der komplexen Suchbedingung stärker als die Jüngeren. In der komplexen Suchbedingung sind die Reaktionszeiten über 1000 ms länger als in den einfachen Bedingung. Für die komplexe Suchbedingung zeigen jedoch die älteren Probanden keine signifikant stärkere Verlängerung der RT als die jüngeren. Die Doppelaufgabensituation bei komplexen Suchaufgaben wurde von beiden Altersgruppen als anstrengender empfunden als bei leichten Suchaufgaben. Der stärkste Einbruch für die älteren Probanden zeigte sich bei der Fehlerrate in der komplexen Suchbedingung. In dieser Bedingung wurde die Nebenaufgabe von den Älteren auf dem Zufallsniveau bearbeitet.

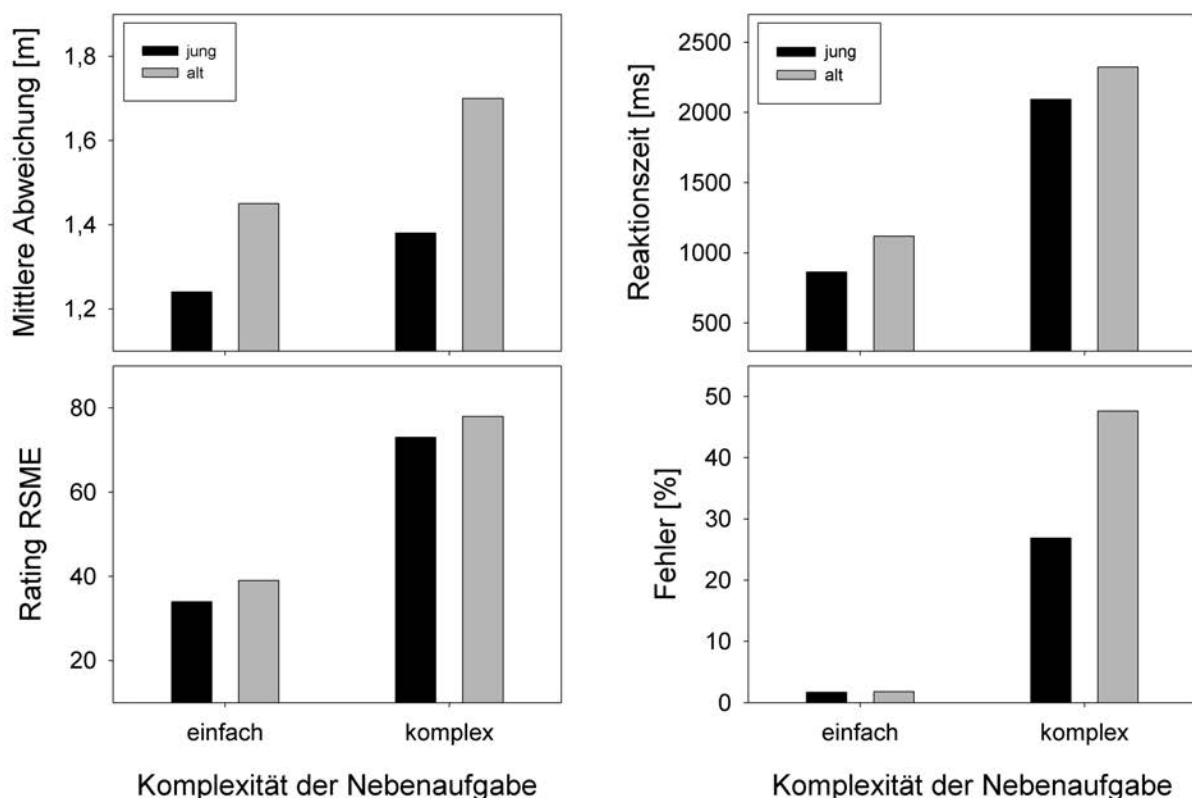


Abbildung 1: Ergebnisse für die Primär- und Sekundäraufgabe für beide Altersgruppen als Funktion der Komplexität der Nebenaufgabe. Dargestellt sind die mittlere Abweichung (oben, links) bei der Primäraufgabe, die Reaktionszeiten (oben, rechts) und die Fehlerraten (unten, rechts) für die Sekundäraufgabe sowie die subjektive Anstrengungseinschätzung (unten, links)

4. Diskussion

Die visuelle Modalität spielt bei der Interaktion mit Informationssystemen eine zentrale Rolle. Daher ist ein wichtiger Aspekt der Schnittstellengestaltung die Fahrerbeanspruchung, die sich durch visuelle Suchaufgaben ergibt (Horrey & Wickens 2004). In unserem Experiment konnten wir die Ergebnisse früherer Studien replizieren (z. B. Jansen & Merat 2005), die zeigen, dass Sekundäraufgaben mit komplexen Suchbedingungen einen negativen Einfluss auf die Bewältigung der Fahraufgabe haben. Um beurteilen zu können, inwieweit die Bewältigung von Doppelaufgaben altersabhängig ist, wurden in unserer Studie zwei extreme Altersgruppen getestet. Es zeigte sich dabei, dass es sowohl den jüngeren als auch den älteren Probanden nicht möglich war, die Primäraufgabe so zu priorisieren, dass sie unabhängig von der Komplexität der Sekundäraufgabe durchgeführt werden konnte. Insgesamt wurde jedoch die Doppelaufgabensituation von den älteren Probanden schlechter bewältigt als von den jüngeren. Vor allem die Fehlerraten legen nahe, dass die älteren Probanden bei der komplexen Suchbedingung die Bearbeitung der Nebenaufgabe nahezu vollständig aufgeben mussten, um die Fahraufgabe noch bewältigen zu können. In dieser Bedingung wurde offensichtlich die Grenze überschritten, bei der ältere Personen noch Suchaufgaben als Sekundäraufgabe bewältigen können. Insgesamt legen die Befunde nahe, dass bei der Gestaltung von Informationsdisplays komplexe Suchsituationen möglichst vermieden werden sollten, da jüngere Fahrer diese Informationen im besten Falle nur fehlerhaft verarbeiten können und, zumindest nach unseren Befunden, die älteren Fahrer auf die Verarbeitung solcher Informationen nahezu ganz verzichten müssen.

5. Literatur

1. Anstey, K.J., Wood, J., Lord, S. & Walker, J.G. 2005, Cognitive, sensory and physical factors enabling driving safety in older adults, *Clinical Psychology Review*, 25, 45-65.
2. Brookhuis, K.A., deVries, G. & deWaard, D. 1991, The effects of mobile telephoning on driving performance, *Accident Analysis & Prevention*, 23, 309-316.
3. Brouwer, W.H., Waterink, W., Van Wolfelaar, P.C. & Rothengatter, T. 1991, Divided attention in experienced young and older drivers: lane tracking and visual analysis in a dynamic driving simulator, *Human Factors*, 33, 573-582.
4. Falkenstein, M. & Sommer, S. 2007, Altersbegleitende Veränderungen kognitiver und neuronaler Prozesse mit Bedeutung für das Autofahren. In: B. Schlag (Hrsg.), *Altersbegleitende Leistungsveränderungen in ihrer Bedeutung für Verkehrsteilnahme und Fahrverhalten*. Köln: TÜV-Verlag (im Druck).
5. Horrey, W.J. & Wickens, C.D. 2004, Driving and side task performance: the effects of display clutter, separation, and modality, *Human Factors*, 46, 611-624.
6. Jamson A.M. & Merat N. 2005, Surrogate in-vehicle information systems and driver behaviour: Effects of visual and cognitive load in simulated rural driving, *Transportation Research Part F*, 8, 79-96.
7. Mattes, S. 2003, The Lane Change Task as a Tool for driver Distraction Evaluation. In: H. Stras-ser, H. Rausch & H. Bubbs (Eds.), *Quality of Work and Products in Enterprises of the Future*. Stuttgart: Ergonomia Verlag.
8. Merat, N., Anttila, V. & Luoma, J. 2005, Comparing the driving performance of average and older drivers: The effect of surrogate in-vehicle information systems, *Transportation Research Part F*, 8, 147-166.
9. Rinkenauer, G. 2007, Motorische Leistungsfähigkeit im Alter. In: B. Schlag (Hrsg.), *Altersbegleitende Leistungsveränderungen in ihrer Bedeutung für Verkehrsteilnahme und Fahrverhalten*. Köln: TÜV-Verlag (im Druck).
10. Zijlstra, F. R. H. 1993, *Efficiency in work behavior. A design approach for modern tools*. Delft: Delft University Press.

ErgoViz – Vorrichtung und Verfahren zur ergonomischen Darstellung räumlicher Tiefe in virtuellen Umgebungen

Dietmar GUDE¹, Christian BRÄUNING² und Michael STARK²

¹ *Institut für Arbeitsphysiologie an der Technischen Universität Dortmund, Ardeystrasse 67, D-44139 Dortmund*

² *Fachhochschule Dortmund, Emil-Figge-Str. 42, D-44227 Dortmund*

Kurzfassung: Mit stereoskopischen Projektionstechniken wird dem Betrachter von 3D-Inhalten ein realitätsnaher Eindruck räumlicher Tiefe vermittelt. Allerdings weisen solche Projektionssysteme immer noch eine begrenzte Akzeptanz auf, insbesondere im Hinblick auf eine zeitlich ausgedehntere Nutzung. Ein wesentlicher Grund dürfte darin bestehen, dass stereoskopische Darstellungen bei zahlreichen Anwendern zu Wahrnehmungsbeeinträchtigungen führen. Dieses Problem adressiert ErgoViz, ein innovatives Konzept zur Optimierung stereoskopischer Darstellungen in Echtzeit. Dabei wird die Projektion von 3D-Inhalten mit Hilfe eines Systems zur Blickbewegungsregistrierung kontinuierlich an die jeweiligen Betrachtungsbedingungen angepasst. Auf diese Weise kann etwa sichergestellt werden, dass auch bei der Betrachtung von virtuellen Objekten aus der Nähe keine störenden Doppelbilder entstehen. ErgoViz wurde zum Patent angemeldet.

Schlüsselwörter: Virtuelle Realität, Stereoskopie, Okulographie, visuelle Beanspruchung.

1. Einleitung

Das räumliche Sehen beruht darauf, dass eine Szene von den Augen unter verschiedenen Winkeln wahrgenommen wird. Auf den Netzhäuten entstehen dadurch zwei unterschiedliche Bilder, die vom Gehirn zu einem dreidimensionalen Raumbild integriert werden. Dieses Prinzip wird von stereoskopischen Projektionssystemen nachempfunden, indem zwei Ansichten erzeugt werden, die mit Hilfe von speziellen Techniken dem rechten bzw. linken Auge dargeboten werden (Abbildung 1). Dadurch entsteht der Eindruck, einzelne Elemente der Szene würden vor der Projektionsfläche im Raum schweben bzw. in die Tiefe hineinreichen.

Stereoskopische Techniken sind für eine Vielzahl von Anwendungsfeldern von Bedeutung, sei es in der Produktentwicklung, in den Medien oder in der Medizintechnik. Allerdings führen diese Darstellungen bislang zu Wahrnehmungsbeeinträchtigungen, worauf die Anwender mit einer Ermüdung der Augen sowie Kopfschmerzen bis hin zu Übelkeit reagieren (Ijsselstein et al. 2000). Dies ist ein wesentlicher Grund für die immer noch begrenzte Akzeptanz solcher Projektionstechniken, insbesondere im Hinblick auf eine mehrstündige Nutzung, etwa an CAD-Arbeitsplätzen oder im Rahmen des virtuellen Prototyping. Im Folgenden wird auf die Ursachen für die erhöhte visuelle Beanspruchung genauer eingegangen. Darauf aufbauend wird ein Lösungskonzept für diesen Problemkomplex dargestellt.

2. Probleme stereoskopischer Projektionssysteme

Bei der Wahrnehmung räumlicher Tiefe ist die binokulare Stereopsis von wesentlicher Bedeutung. Den größten Teil des Gesichtsfeldes sieht man mit beiden Augen, also binokular, aus leicht unterschiedlichen Perspektiven. Wenn die beiden monokularen Bilder auf korrespondierenden Netzhautorten liegen, das heißt an der gleichen Stelle auf der linken und rechten Netzhaut, werden sie nicht doppelt gesehen, sondern „verschmelzen“ zu einer integrierten Wahrnehmung. Dies bezeichnet man als binokulare Fusion.

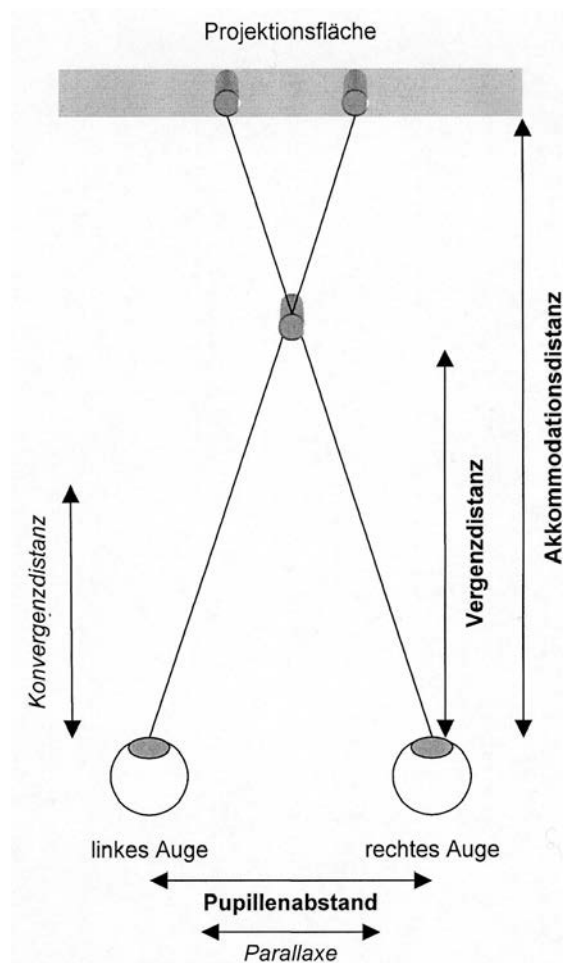


Abbildung 1: Prinzip der stereoskopischen Projektion mit zentralen physiologischen und technischen Parametern (fett bzw. kursiv)

Bei der binokularen Fusion sind drei physiologische Parameter von besonderem Interesse, (a) der Pupillenabstand, (b) die Vergenz, also die Fokussierung des Blicks auf einen bestimmten Punkt im Raum, und (c) die Akkomodation, die Anpassung des Auges an die jeweilige Blickdistanz. Unter natürlichen Sehbedingungen sind Akkomodation und Vergenz aufeinander abgestimmt.

Stereoskopische Projektionstechniken beruhen darauf, dass dieser Prozess der Tiefenwahrnehmung mit technischen Mitteln nachempfunden wird. Hierbei berechnet der Computer zwei Ansichten, die mit Hilfe von z.B. Verschlussbrillen (shutter glasses) dem rechten bzw. linken Auge dargeboten werden. Bei der Erzeugung der beiden Bilder werden die Augen durch zwei simulierte Kameras repräsentiert, deren horizontaler Abstand als Parallaxe bezeichnet wird. Ein weiterer technischer Parameter

ist die Konvergenzdistanz, die den Abstand bezeichnet, bei dem ein virtuelles Objekt auf der Projektionsfläche zu liegen scheint – ist der Abstand des Objekts geringer, scheint es vor der Projektionsfläche zu schweben, ist er größer, erscheint es dahinter.

Bei den aktuell eingesetzten stereoskopischen Projektionstechniken kommt es nun zu einer Dissoziation physiologischer und technischer Parameter. So wird für die Parallaxe ein konstanter Wert angenommen, obgleich der Augenabstand interindividuell variiert. Weiterhin sollte die Konvergenzdistanz mit der Vergenzdistanz übereinstimmen. Dieser Wert wird aber ebenfalls konstant gehalten, obwohl die Vergenz intraindividuell variiert – je nach dem, welches Objekt man in der virtuellen Umgebung gerade betrachtet (Hoffmann & Sebald 2007). Und schließlich weisen Drascic & Milgram (1996) auf eine Dissoziation physiologischer Parameter untereinander hin. Dabei gehen sie davon aus, dass die Betrachter einer virtuellen Umgebung auf die Reizquelle akkomodieren, also auf die Projektionsfläche statt auf die scheinbare Position des betrachteten virtuellen Objekts im Raum, als weitere Quelle für eine erhöhte visuelle Beanspruchung.



Abbildung 2: Prototypische Realisierung von ErgoViz mit einem autostereoskopischen Bildschirm (SeeReal C-i) und einem Gerät zur Blickbewegungsregistrierung (Tobii x50)

3. Das ErgoViz-Konzept

Vor diesem Hintergrund wurde ein Konzept entwickelt, mit dem die Dissoziationen zwischen den physiologischen Parametern und den technischen Parametern einer stereoskopischen Projektion zuverlässig reduziert und aufgehoben werden können. Bei diesem als ErgoViz bezeichneten Konzept einer ergonomischen Darstellung der räumlichen Tiefe von Objekten in virtuellen Umgebungen wird die Projektion in Echtzeit kontinuierlich an die jeweiligen Betrachtungsbedingungen angepasst. Eine prototypische technische Umsetzung ist in Abbildung 2 wiedergegeben. Als Projektionssystem wird dabei ein sogenannter autostereoskopischer Bildschirm für räumliches Se-

hen ohne technische Hilfsmittel verwendet. Die Projektionseinheit wird mit einem System zur Blickbewegungsregistrierung kombiniert, das in Echtzeit die aktuellen Betrachtungsbedingungen ermittelt. Auf diese Weise wird z.B. der Pupillenabstand des Betrachters gemessen und die Parallaxe entsprechend eingestellt. Die Konvergenzdistanz kann in unterschiedlicher Form an die jeweiligen Betrachtungsbedingungen angepasst werden. Naheliegend ist, sie auf die gemessene Vergenz der Augen abzustimmen. Damit würde aber eine erhebliche Dissoziation mit der Akkomodation erhalten bleiben. Eine zweite Möglichkeit besteht darin, die Konvergenzdistanz an den Abstand von der Projektionsfläche anzupassen. Auf diese Weise wird zuverlässig die Entstehung von Doppelbildern vermieden, selbst bei der Betrachtung von virtuellen Objekten aus unmittelbarer Nähe. Und schließlich kann ein Wert zwischen Vergenz- und Akkomodationsdistanz gewählt werden, um einen Ausgleich zur Dissoziation dieser beiden physiologischen Parameter bei stereoskopischen Projektionssystemen zu schaffen. Eventuell lassen sich zu diesen Alternativen individuelle Präferenzen feststellen – dann sollten die Anwender in die Lage versetzt werden, diesen Aspekt selbst einzustellen.

4. Diskussion

ErgoViz ist nicht an ein spezielles technisches Verfahren für die stereoskopische Projektion gebunden. Voraussetzung ist lediglich, dass die Position und die Blickrichtung von rechtem und linkem Auge gemessen werden können. Weiterhin ist es erforderlich, dass die 3D-Darstellung nicht bereits vollständig vorproduziert ist, sondern wie bei Anwendungen der virtuellen Realität in Echtzeit gerendert wird. Für Systeme mit mehreren Nutzern sind analoge Lösungen möglich, indem das Gerät zur Blickbewegungsregistrierung mehrere Augenpaare gleichzeitig verfolgt und die jeweils angepasste Projektion durch Zeitmultiplexierung dargestellt wird. Insgesamt hat ErgoViz das Potential, die Arbeit mit 3D-Inhalten zu erleichtern, so dass diese mit einer höheren Effizienz eingesetzt werden können. Eine entsprechende Patentanmeldung wurde beim Deutschen Patent- und Markenamt hinterlegt (Gude et al. 2007).

5. Literatur

1. Drascic, D. & Milgram, P. 1996, Perceptual issues in augmented reality. In: M.T. Bolas, S.S. Fisher & J.O. Merritt (Eds.), *Stereoscopic Displays and Virtual Reality Systems III*. San Jose, CA: SPIE-The International Society for Optical Engineering, 123-134.
2. Gude, D., Bräuning, C. & Stark, M. 2007, Vorrichtung und Verfahren zur ergonomischen Darstellung der räumlichen Tiefe von Objekten in virtuelle Umgebungen. München: Deutsches Patent- und Markenamt, Aktenzeichen 10 2007 028 654.8.
3. Hoffmann, J. & Sebald, A. 2007, Eye vergence is susceptible to the hollow-face illusion, *Perception*, 36, 461-470.
4. Ijsselstein, W.A., de Ridder, H. & Vliegen, J. 2000, Effects of stereoscopic filming parameters and display duration on the subjective assessment of eye strain. In: J.O. Merritt, S.A. Benton, A.J. Woods & M.T. Bolas (Eds.), *Stereoscopic Displays and Virtual Reality Systems VII*. Bellingham, WA: SPIE-The International Society for Optical Engineering, 12-22.

Selbstmanagement-Training für Auszubildende in der Technikbranche

Yvonne SABOROWSKI¹ und Ralf MUELLERBUCHHOF²

¹ *Lehrstuhl für BWL, insb. Personalwirtschaft*
Technische Universität Dresden, D-01062 Dresden

² *Institut für Allgemeine Psychologie, Biopsychologie und Methoden der Psychologie*
Technische Universität Dresden, 01062 Dresden

Kurzfassung: Neben fachlichen Kompetenzen sind im Arbeitsprozess zunehmend Selbstmanagement-Fertigkeiten notwendig. Bereits in der Berufsausbildung sollten diese Fertigkeiten, die auch durch Schulungen erworben werden können, beherrscht werden. Diese Studie berichtet über die Wirksamkeit eines neu entwickelten Selbstmanagement-Trainings (SMT) für Auszubildende in der Technikbranche. Wichtige Ergebnisse der Evaluation sind die von den Teilnehmern eingeschätzte hohe Trainings-Zufriedenheit, Transferierbarkeit auf den Arbeits- und Ausbildungsbereich und der mittlere bis große Trainingseffekt bei Variablen der Zielsetzung und methodischen Fertigkeiten.

Schlüsselwörter: Kompetenz, Selbstmanagement, Transfer, Trainingsevaluation

1. Einleitung

In einer globalisierten Welt, in der Wissensarbeit eine hohe wirtschaftliche Bedeutung hat und beschleunigte Veränderungsprozesse von Produkten und Arbeitsabläufen zu einer Schere zwischen vorhandenen und benötigten Kompetenzen führen (BMBF 2007), ist ein effektives Selbstmanagement für Arbeitende von großer Bedeutung. Unter Selbstmanagement werden „alle Bemühungen einer Person, das eigene Verhalten zielgerichtet zu beeinflussen“ verstanden (König & Kleinmann 2006 S. 332). Bereits Berufseinsteiger sollten Wissenslücken selbstständig schließen können, um das geforderte Leistungsniveau schnell zu erreichen. Dies setzt neben fachlichen Kompetenzen ein hohes Maß an Motivations- und Selbststeuerungsfertigkeiten sowie Problemlösestrategien (sog. Selbstmanagement-Fertigkeiten) voraus. Das Erlernen von Selbstmanagement-Fertigkeiten lässt sich durch ein Selbstmanagement-Training (SMT) unterstützen. Im Rahmen dieser Untersuchung wurde erstmals für Auszubildende ein SMT entwickelt, durchgeführt und evaluiert.

Dieses SMT basiert auf erfolgreichen Trainingsstudien aus dem A/O-Bereich (vgl. Klein et al. 2003, Landmann et al. 2005, Latham & Frayne 1989). Die Autoren orientierten sich bei der Konzeption an dem aus der klinischen Psychologie stammenden Modell von Kanfer (Kanfer et al. 2006) und übertrugen seine Arbeiten auf den arbeitspsychologischen Kontext. Kanfers Selbstmanagement-Ansatz enthält die Grundannahmen, dass Menschen nach Selbstbestimmung, Eigenverantwortung und Selbstständigkeit streben und aktiv ihr Leben gestalten wollen. Die dazu benötigten Strategien sind erlernbare Fertigkeiten, die durch Interventionen erworben werden können. Die Bedeutsamkeit von Zielen bei der Lebensgestaltung wird zusätzlich durch die Theorie der Zielsetzung (Locke & Latham 1990) betont.

Wir untersuchten, (1) ob das SMT von den Teilnehmern angenommen wurde und (2) ob die vermittelten Inhalte in den Arbeits- und Ausbildungskontext transferiert wurden (insbesondere Zielsetzungs- und Problemlösefertigkeiten sowie selbstbeobachtete Transfereinschätzungen).

2. Methode

2.1 Trainingsbeschreibung

Das SMT umfasst zwei Tage mit jeweils ca. acht Zeitstunden. Die Trainingsmodule sind im Einzelnen:

- Problemsammlung und Begriffsklärung „Selbstmanagement“
- Zielsetzung und Handlungstheorien
- Verhaltensanalyse und Verhaltensveränderung
- Selbstvertrag
- Selbstmanagement-Projekt planen
- Bewerten der Zielerreichung
- Transferprobleme und -möglichkeiten
- Bewältigung von Stress

2.2 Evaluations-Design und Stichprobe

Die summative Evaluation des SMT für Auszubildende orientiert sich am Vier-Ebenen-Modell von Kirkpatrick (2006) und fokussiert die Ebenen Reaktion und Transfer. Die Reaktionen aller Trainingsteilnehmer wurden direkt nach der Intervention im Rahmen einer Post-I-Messung erhoben. Die Evaluation der Transferebene erfolgte in einem quasiexperimentellen multivariaten Versuchs-Wartekontrollgruppen-Design mit Prä- und Post-II-Messung. Die Messungen fanden jeweils unmittelbar vor bzw. einen Monat nach dem SMT statt. Da fünf Trainingsgruppen mit insgesamt 51 Auszubildenden (davon 8 weiblich, Alter 17-21 Jahre, $M=18,0$) das SMT erhielten, wurde aus drei Gruppen eine Versuchsgruppe ($N=30$) und aus zwei Gruppen eine Wartekontrollgruppe ($N=21$) gebildet, um Störeinflüsse zu kontrollieren. Alle Teilnehmer befanden sich im 2. Ausbildungslehjahr für die Berufe Mikrotechnologe, Mechatroniker und Elektroniker für Automatisierungstechnik.

2.3 Erhebungsmethoden und Datenauswertung

Zur Bestimmung des Trainingserfolgs wurden Fragebögen eingesetzt. In Tabelle 1 sind die erhobenen Variablen mit den dazugehörigen Erhebungsinstrumenten dargestellt. Der Fragebogen zum Kompetenztraining (Zehrt 1998) besitzt eine fünfstufige Skala, die anderen Fragebögen eine sechsstufige (1= „trifft gar nicht zu“, 5 bzw. 6= „trifft völlig zu“). Die Teilnehmerzufriedenheit und der selbstbeobachtete Transfer der Auszubildenden werden deskriptiv ausgewertet, und zwar erfolgt bei der Zufriedenheitseinschätzung die Angabe von Mittelwerten und Streuungen und bei der Transfereinschätzung die Angabe relativer Häufigkeiten der Zustimmungskategorien „trifft zu“ und „trifft völlig zu“ der jeweiligen Items. Für die Selbstmanagement-Variablen Entwicklungsziele, Eigenaktivität und Problemlösen wird der Interaktionseffekt über eine multivariate Varianzanalyse berechnet und es erfolgen univariate Analysen über die Einzelvariablen.

Tabelle 1: Überblick über die Erhebungsinstrumente

Variablen	Fragebögen
Reaktionsebene	
Teilnehmerzufriedenheit	Fragebogen zum Kompetenztraining (Zehrt 1998)
Transferebene	
Selbstbeobachteter Transfer	Fragebogen zum Kompetenztraining (Zehrt 1998)
Lernmotivation (Entwicklungsziele, Eigenaktivität) Selbstkonzept Problemlösen	Skalen zum Selbstkonzept beruflicher Handlungskompetenz (vgl. Bergmann 2003)

3. Ergebnisse

3.1 Reaktionsebene

Positive Gesamturteile der Trainingsteilnehmer über die Qualität der durchgeführten Maßnahme bilden nach Kirkpatrick (2006) die Reaktionsebene ab und sind die Grundlage für Lern- und Transfereffekte. Tabelle 2 gibt die Mittelwerte und Standardabweichungen wieder und zeigt, dass alle Werte, inklusive der Streuwerte im Skalenbereich „trifft zu“ bis „trifft völlig zu“ liegen. Die Akzeptanzeinschätzungen weisen auf eine hohe Trainingszufriedenheit der Teilnehmer hin.

Tabelle 2: Akzeptanzurteile der gesamten Stichprobe (M und SD), N=54

Item	M	SD
Das Lernen ... ist angenehm.	4,7	0,49
Meine Erwartungen ... wurden erfüllt.	4,4	0,63
Ich habe...Nützliches und Wertvolles gelernt.	4,3	0,82

3.2 Transferebene

Bei der Nachbefragung einen Monat nach dem SMT gaben die Auszubildenden an, inwieweit sie beurteilen, dass sie die Trainingsinhalte in ihren beruflichen Alltag integrieren konnten. Der von den Teilnehmern beobachtete Transfer zeigt, dass die Hälfte der Personen die Trainingsinhalte auch außerhalb der Ausbildung anwendet (54,9%), Änderungen in den Arbeitsabläufen erwägt (51,0%) und die eigenen Ziele besser erreicht (51,0%). Einem Drittel der Teilnehmer gelingt es, die Arbeitsaufgaben zügiger (35,3%) und in besserer Qualität (33,3%) zu erledigen. Möglicherweise könnten diese Daten durch eine Auffrischung der Trainingsinhalte und zusätzliche Problembesprechungen noch gesteigert werden.

Trainingsschwerpunkte bildeten die Fertigkeiten Zielsetzung, Eigenaktivität und Problemlösung. Bei diesen drei Variablen konnte erwartungsgemäß in der multivariaten Auswertung ein signifikanter globaler Interaktionseffekt zwischen Messzeitpunkt und Versuchs-/Kontrollgruppe nachgewiesen werden (F -Wert=3,502, $p<0,022$). Die durch die drei einbezogenen Variablen aufgeklärte Varianz beträgt $\eta^2=18\%$, was einem mittleren bis großen Effekt entspricht (Bortz & Döring, 2006). In den univariaten Analysen zeigt sich, dass die Skalen Entwicklungsziele und Problemlösen signifikante mittlere Effekte mit einer Stärke von elf Prozent erreichen (vgl. Abbildung 1). Auch bei der Skala Eigenaktivität kann man bei der Versuchsgruppe eine Verbesserung in die angestrebte Richtung beobachten. Dieser Effekt ist jedoch nicht signifikant ($\eta^2=2\%$, $p<0,829$).

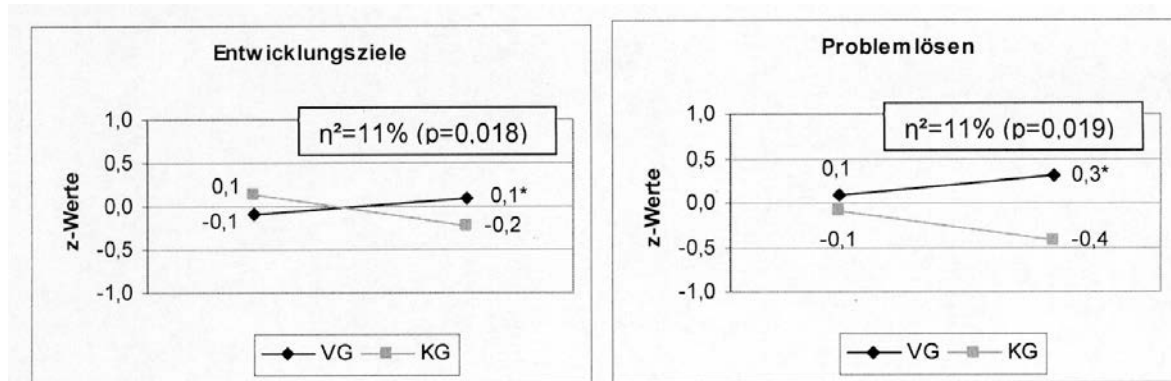


Abbildung 1: Trainingseffekte in den Variablen Entwicklungsziele und Problemlösen (NVG=30, NKG=21) auf Grundlage z-transformierter Werte (* = $p \leq 0.05$)

4. Fazit

Die Ergebnisse sprechen für eine breite Anwendung des SMT. Es wurde (1) eine hohe Trainings-Akzeptanz erreicht. Die Teilnehmenden schätzten (2) ein, dass sie die Trainingsinhalte in die Arbeit und auch in andere Lebensbereiche transferieren. Und es zeigte sich (3) ein mittlerer bis großer Trainingseffekt bei Variablen der Lernmotivation und dem Problemlösen. Damit kann bestätigt werden, dass das Training die Teilnehmer bei der Entwicklung von Selbstmanagement-Fertigkeiten für den Arbeits- und Ausbildungsbereich unterstützt.

5. Literatur

1. Bergmann, B. 2003, Selbstkonzept beruflicher Kompetenz. In: J. Erpenbeck & L. v. Rosenstiel (Hrsg.), Handbuch Kompetenzmessung. Stuttgart: Schäffer-Poeschel, 229-260.
2. Bortz, J. & Döring, N. 2006, Forschungsmethoden und Evaluation für Human- und Sozialwissenschaftler. Berlin: Springer.
3. Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) 2007, Arbeiten – Lernen – Kompetenzen entwickeln Innovationsfähigkeit in einer modernen Arbeitswelt. Bonn: BMBF.
4. Kanfer, F.H., Reinecker, H. & Schmelzer, D. 2006, Selbstmanagement-Therapie: Ein Lehrbuch für die klinische Praxis. Berlin: Springer.
5. Kirkpatrick, D.L. & Kirkpatrick, J.D. 2006, Evaluating training programs - the four levels. San Francisco: Berrett-Koehler.
6. Klein, S., König, C. & Kleinmann, M. 2003, Sind Selbstmanagement-Trainings effektiv? Zwei Trainingsansätze im Vergleich, Zeitschrift für Personalpsychologie, 2, 157-168.
7. König, C. & Kleinmann, M. 2006, Selbstmanagement. In: H. Schuler (Hrsg.), Lehrbuch der Personalpsychologie. Göttingen: Hogrefe, 331-348.
8. Landmann, M., Pöhl, A. & Schmitz, B. 2005, Ein Selbstregulierungstraining zur Steigerung der Zielerreichung bei Frauen in Situationen beruflicher Neuorientierung und Berufsrückkehr, Zeitschrift für Arbeits- und Organisationspsychologie, 49, 12-26.
9. Latham, G. & Frayne, C.A. 1989, Self-management training for increasing job attendance: A follow-up and a replication, Journal of Applied Psychology, 74, 311-416.
10. Locke, E.A., & Latham, G.P. 1990, A Theory of Goal Setting & Task Performance. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
11. Zehrt, P. 1998, Training komplexer Diagnoseaufgaben - am Beispiel der Störungsdiagnose in technischen Systemen, unveröffentlichte Dissertation. Dresden: Technische Universität Dresden.

Beitrag zur Entwicklung der Zeitwirtschaft unter arbeitspsychologischen Aspekten

Leif GOLDHAHN und Annett RAUPACH

*Hochschule Mittweida (FH) – University of Applied Sciences,
Fachbereich Maschinenbau/Feinwerktechnik,
InnArbeit – Zentrum für innovative Arbeitsplanung und Arbeitswissenschaft,
Technikumplatz 17, D-09648 Mittweida*

Kurzfassung: Die vielfältige Nutzbarkeit ermittelter Zeitdaten im Unternehmen ist bekannt, ein entsprechendes Vorgehen zur Pflege einmal ermittelter Zeitdaten und ihrer unternehmensweiten Einsetzbarkeit wäre willkommen. Ließen sich Mitarbeiter motivieren, am Prozess der Zeitdatenermittlung aktiv und im Sinne der Unternehmensziele teilzunehmen, und nutzt man einen Ansatz für eine strukturierte sowie tätigkeitsbereichernde Einführung in die betriebliche Praxis, könnten zwei Visionen vereint werden: wirtschaftliche Anwendung einer neu entwickelten Zeitdatenerfassungsmethode und Beitrag zur Tätigkeitsgestaltung im Sinne vollständiger Tätigkeiten.

Schlüsselwörter: Arbeitsgestaltung, Zeitwirtschaft, Tätigkeitsbewertung.

1. Problemstellung

Ergonomische Forderungen nach Arbeitsbedingungen und –inhalten im Sinne der arbeitenden Menschen zielen sowohl darauf, die Gesundheit nicht zu beeinträchtigen, als auch die Persönlichkeit zu fördern. Mitarbeitermotivation steht als wichtiger Aspekt bei der Gestaltung vielfältiger Unternehmensabläufe auf der Tagesordnung. Zudem bleiben bezahlbare Arbeit und gerechter Lohn Kategorien der wirtschaftlichen Seite der Arbeit. Arbeitspsychologische Kriterien im Sinne vollständiger Tätigkeiten stehen damit im Visier der Erfordernisse betrieblicher Organisation (Spezialisierung, Zeitplanung, Zeiteinsparung, Kostenkontrolle). Schließen sich Zeiteinsparung und Motivation zur Arbeitsausführung aus? Kann die Zeitdatenerfassung durch den Werker der Ableitung von Planzeiten angemessen zugrunde liegen? Welche Kriterien vollständiger Tätigkeiten werden von den Potentialen einer veränderten Methode der Zeitwirtschaft unterstützt ?

2. Zeitwirtschaft

2.1 Zeitwirtschaft als betriebliche Aufgabe

Die Zeitwirtschaft umfasst Aufgaben der zielgerichteten, bedarfsgerechten Ermittlung und Verwendung von Planzeiten betrieblicher Prozesse. Die Zeit wird als Führungsgröße bei planenden, gestaltenden, steuernden, kontrollierenden Aufgaben und teilweise auch für die Entlohnung genutzt. Die Zeitwirtschaft stellt somit eine Teilaufgabe der Arbeitsplanung und –steuerung dar. Dabei wird sie als wichtiges Element eines modernen Produktivitätsmanagements gesehen (Engroff 2005, S. 100ff). Seit

Mitte der neunziger Jahre wird zudem die stärkere Einbeziehung der Mitarbeiter in vorbereitende und planende Aufgaben angestrebt. Modelle und Einführungshilfen zur Etablierung einer partizipativen Arbeitsplanung entstehen (Wiebach 1997; Goldhahn 2000).

2.2 Ansätze zur partizipativen Zeitwirtschaft

Produktspektrum, Fertigungsart, -prinzip und Genauigkeitsanforderungen der Datenverwendung bestimmen die Auswahlentscheidung einer Methode der Zeitdatenermittlung. Es stehen manuelle oder computergestützte Werkzeuge zur Auswahl, meist erfolgt jedoch die Anwendung unterschiedlicher Methoden in einem Unternehmen. Einen Ansatz zur Beteiligung der Mitarbeiter an der Zeitwirtschaft zeigt (Engroff 2005, S. 101) am Beispiel der Zeitaufnahme: „Zeiten manuell aufzunehmen ist immer auch ein Anlass zu kommunizieren, Probleme abzufragen oder Verschwendungen zu erkennen.“ Werden Daten aus einem PPS/ERP-System entnommen, bleibt die Frage, ob diese Daten verlässlich sind.

Die Idee der durch Mitarbeiter unterstützten Planzeitermittlung entstand u. a. während der Entwicklung der Methode des Zeitdaten-Backend (ZDBE, (Hodic 2005)). Mittels dieser Methode werden Produkte klassifiziert, Ist-Zeiten erfasst, der Einfluss von Kriterien auf den Zeitbedarf statistisch und per Regressionsanalyse bewertet sowie Planzeiten berechnet. Verschwommen bleibt dabei, wie diese Art der Zeitwirtschaft zielgerichtet Fertigungstätigkeiten verändern sollte. Eine arbeitspsychologische Aspekte einbeziehende, ganzheitliche Zeitwirtschaft müsste für den Werker zur Verbesserung der Gegebenheiten am Arbeitsplatz (z. B. durch KVP) sowie der Arbeitsinhalte (z. B. job enrichment) und damit zur Steigerung der Motivation beitragen.

3. Arbeitspsychologische Aspekte vollständiger Tätigkeiten

Entsprechend (Ulrich 1998, S. 182ff.) sind Ganzheitlichkeit, Anforderungsvielfalt, Möglichkeiten der sozialen Interaktion, Autonomie, Lern- und Entwicklungsmöglichkeiten, Zeitelastizität und stressfreie Regulierbarkeit sowie Sinnhaftigkeit als wichtige Merkmale für zu gestaltende Arbeitsaufgaben anerkannt. Die in diesem Rahmen auszuführende Tätigkeit soll vollständig sein. Hierfür sind zwei Kriterien zu erfüllen: die sequentielle (zyklische) und die hierarchische Vollständigkeit. Nach (Hacker 1998, S. 251), sind dementsprechend für die Gestaltung neuer Arbeitsaufgaben sowohl organisierende, vorbereitende, ausführende und kontrollierende Elemente vorzusehen sowie unterschiedliche Ebenen der Handlungsregulation zu fordern. Partizipative Zeitwirtschaft leistet einen konkreten Beitrag hierzu, ergänzt bewusst zu regulierende, planende und kontrollierende Tätigkeitsanteile.

4. Praxisbeispiele der Aufgabenanalyse und -bewertung

Durchgeführte Tätigkeitsbewertungen mittels REBA (Pohlandt et al. 2005) für die Einzel- und Kleinserienfertigung mit Wiederholcharakter verdeutlichen den Bedarf der Umgestaltung von Arbeitsaufgaben (Goldhahn 2000; Goldhahn & Kern 2004; Poppitz 2006). Als Referenzbeispiel dient die Fertigung von Plattenwärmeübertragern. Im Rahmen einer Zusammenarbeit wurde ein verbesserter Zustand vor allem aus Sicht der Ausführbarkeit und Schädigungslosigkeit geplant (Poppitz 2006,

S. 45ff). Diese verbesserte Arbeitssituation wurde als Ist-Zustand gewertet für die Untersuchung der Einflüsse zeitwirtschaftlicher Tätigkeitsanteile. Besonders deutlich wurde der Gestaltungsbedarf der Arbeitstätigkeit für die Kriterien der Ebene der Lern- / Persönlichkeitsförderlichkeit.

5. Potentieller Beitrag der Zeitwirtschaft zu vollständigen Tätigkeiten

5.1 Kontinuierlicher Verbesserungsprozess (KVP) und Zeitdaten-Backend (ZDBE)

KVP und Kaizen werden häufig synonym verwendet und bezeichnen den kontinuierlichen Prozess der Verbesserung von Arbeitssystemen durch aktive und motivierte Mitarbeit aller Beteiligten. Die konkrete Zielstellung lautet: Qualifizierung und Innovationserfolg durch kontinuierliche Verbesserung und partizipative Zeitwirtschaft, welche Wissen der Mitarbeiter nutzt und Verbesserungen gemeinsam umsetzt, Ist-Zeitdaten mathematisch zu Planzeiten verarbeitet, sowie die Mitarbeiter in den Prozess der Datengewinnung und –verarbeitung einbezieht. Die Methode des ZDBE (Hodic 2005) ermöglicht eine Planzeitermittlung auch bei Einzel- und Kleinserienfertigung. Damit wird die teileübergreifende Weiterverwendung ermittelter Zeitdaten möglich. Die Verbindung von KVP und ZDBE unterstützt ein wichtiges Ziel von Kaizen: die Schaffung einer Kultur der Veränderung einerseits und der Standardisierung erfolgreicher Arbeitsweisen andererseits.

5.2 GAPA als Methode zur Einführung

Die GAPA - eine Entscheidungsmethodik zur Gestaltung des arbeitsteiligen Prozesses der Arbeitsplanung (Goldhahn 2000, 2006) - stellt einen konzeptionellen Rahmen zur Einführung neuer Verfahren, Vorgehensweisen und Organisationsformen der Arbeitsplanung dar. Sie lässt sich somit zielsicher auch bei der Integration zeitwirtschaftlicher Tätigkeiten in die Werkeraufgaben anwenden.

5.3 Beschreibung und Bewertung der veränderten Tätigkeit

Partizipative Zeitwirtschaft wirkt sich konzeptionell in einer veränderten Arbeitsaufgabe aus und wird hier für das Referenzbeispiel konzipiert. Diese neue Tätigkeit am Arbeitsplatz Presse wird charakterisiert durch: gemeinsames Gestalten der Zeiten mit beteiligender Zeitermittlung und -rückmeldung; Zeitbedarfe werden differenziert deutlich und erfahren Vorschläge zur Verbesserung von durch die Beteiligung motivierten Mitarbeitern. Eine sich kurzzyklisch wiederholende Teiltätigkeit beeinträchtigt, Monotonie lässt sich nur bedingt vermeiden. Dem wirken die zusätzlichen, abwechselnden Teilaufgaben entgegen. Weiterhin ist die Kompensation von Defiziten in der Lern- und Persönlichkeitsförderlichkeit der Basistätigkeit durch die Erweiterung und Bereicherung um KVP- und zeitwirtschaftliche Teiltätigkeiten positiv für geistige Anforderung und Vollständigkeit der Tätigkeit. Die Tätigkeitsklassen „Organisieren“ und „Kontrollieren“ stärken die Bewertung der zyklischen Vollständigkeit der Tätigkeit (vgl. Pohlandt et al. 2005), gleichzeitig werden Unternehmensziele wie Kunden- und Mitarbeiterzufriedenheit oder Innovationserfolg unterstützt. Informationen über die Arbeitsorganisation, d.h. über Zeiten, Aufgaben und Ziele der Abteilung tragen zur Durchschaubarkeit der Arbeitsaufgabe bei. Durch Rückmeldungen über erreichte Ergebnisse mittels Kennziffern/Zeiten kann die Zielerreichung dokumentiert

werden. Ein schnelles Feedback ist über einen Bildschirm am Arbeitsplatz möglich. Besonders hervorzuheben sind die stark positiven Auswirkungen der umgestalteten Tätigkeitsinhalte für die Beurteilungskriterien Organisationsfunktion, Kooperationsformen, Gruppenverantwortung, Beteiligungsgrad, Rückmeldungen, Kommunikationsinhalte. Auch weitere Kriterien, besonders bzgl. Lern- und Persönlichkeitsförderlichkeit spiegeln die positiven Wirkungen der konzeptionell umgestalteten Tätigkeit.

6. Zusammenfassung und Ausblick

Die Tätigkeitsbewertung erbrachte am Beispiel den Nachweis des positiven Einflusses partizipativer Zeitwirtschaft zunächst als Konzept. Der Kerngedanke der vorliegenden Untersuchungen und des daraus resultierenden Forschungsansatzes ist, auch die Zeitwirtschaft zur Schaffung vollständiger Tätigkeiten einzubeziehen und die Arbeitsaufgaben durch Partizipation der Mitarbeiter in KVP und Zeitwirtschaft strukturell zu verbessern. Zukünftige praktische Untersuchungen sollten der Bestätigung dieses Konzeptes dienen und in eine systemische Beschreibung münden.

7. Literatur

1. Engroff, B. 2005, Aufgabe: Zeitmanagement, Datenermittlung und –pflege. In: AWF (Hrsg.), Von der Arbeitsvorbereitung zum Produktivitätsmanagement, Erfahrungsbericht der AWF-Arbeitsgemeinschaft. Eschborn: AWF-Selbstverlag, 100-105.
2. Goldhahn, L. 2000, Gestaltung des arbeitsteiligen Prozesses zwischen zentraler Arbeitsplanung und Werkstattpersonal, Dissertation, Wissenschaftliche Schriftenreihe des Instituts für Betriebswissenschaften und Fabrikssysteme Band 27. Chemnitz: TU Chemnitz-Institut für Betriebswissenschaften und Fabrikssysteme.
3. Goldhahn, L. 2006, Method for design of shared processes of Process Planning – GAPA. In: R.N. Pikaar, E.A.P. Koningsveld & P.J.M. Settels (Eds.), Meeting Diversity in Ergonomics, Proceedings IEA 2006 Congress. Amsterdam: Elsevier, 2545 – 2550.
4. Goldhahn, L. & Kern, R. 2004, Gestaltung der Arbeitsplanung für die Mechatronikfertigung. Mittweida: <http://www.htwm.de/fertorg>.
5. Hacker, W. 1998, Allgemeine Arbeitspsychologie. Psychische Regulation von Arbeitstätigkeiten.: Bern: Huber.
6. Hodic, L. 2005, Entwicklung der Zeitdaten-Backend-Methode für die mathematische Verarbeitung betrieblicher Prozesse zu Planzeiten, Dissertation, Wissenschaftliche Schriftenreihe des Instituts für Betriebswissenschaften und Fabrikssysteme Band 51. Chemnitz: TU Chemnitz-Institut für Betriebswissenschaften und Fabrikssysteme.
7. Pohlandt, A., Schulze, F., Debitz, U., Jordan, P. & Richter, P. 2005, ergoInstrument REBA 7.0. Handbuch zum PC-Programm, Rechnergestütztes Dialogverfahren für die Bewertung und Gestaltung von Arbeitstätigkeiten unter Berücksichtigung von Sicherheit und Gesundheitsschutz, 4. überarbeitete Auflage. Bochum: InfoMedia Verlag.
8. Poppitz, D. 2006, Ermittlung fertigungsrelevanter Leistungskennzahlen auf Basis eines zeitkalkulatorischen Modells auf Arbeitsvorgangsebene für die mitarbeiterbezogene Leistungsmotivation in der Fertigung von Plattenwärmeübertragern, Diplomarbeit. Mittweida: Hochschule Mittweida- Fachbereich Maschinenbau/Feinwerktechnik.
9. Ulich, E. 1998, Arbeitspsychologie, 5.Auflage. Stuttgart: Schäfer-Poeschel, 182-190.
10. Wiebach, H. (Hrsg.) 1997, Facharbeiterorientierte Betriebsmittel- und Arbeitsplanung in KMU, Handlungshilfe zur betrieblichen Umsetzung. Eschborn: RKW.

Mitarbeiterbeteiligung in der betrieblichen Zeitwirtschaft – Eine Fallstudie

Detlef GERST

*Institut für Fabrikanlagen und Logistik, Leibniz Universität Hannover,
An der Universität 2, D-30823 Garbsen*

Kurzfassung: Anhand einer betriebliche Fallstudie zeigt der Beitrag, wie es gelingen kann, durch eine Modernisierung der betrieblichen Zeitwirtschaft einen hohen Grad an Mitarbeiterpartizipation mit einer Orientierung an den betrieblichen operativen Zielen zu verbinden. Voraussetzungen sind ein „High-Performance Work System“ und ein strukturiertes Vorgehen, das unproduktive Machtkämpfe verhindert.

Schlüsselwörter: Zeitwirtschaft, Partizipation, Zielvereinbarung.

1. Einleitung

Steigende Anforderungen an die Flexibilität und ein zugleich hoher Kostendruck erfordern es, dass Unternehmen ihre Mitarbeiter an der Gestaltung, Steuerung und Optimierung von Arbeitsprozessen beteiligen. Vor diesem Hintergrund scheint die traditionelle betriebliche Zeitwirtschaft mit ihrer nicht-partizipativen Ausrichtung den Anforderungen an eine moderne Unternehmensführung zu widersprechen. Eine mögliche Ausdehnung von Partizipation auf die Aktivitäten des Industrial Engineering (IE) wirft jedoch die Frage auf, wie dies geschehen kann, ohne die für den Betrieb wichtigen Funktionen des IE in den Bereichen des Controlling und der Prozessoptimierung einzuschränken. Beantwortet wird die Frage auf der Grundlage einer Untersuchung in vier Produktionsstätten eines deutschen Automobilkonzerns. Grundlage der Untersuchung sind 8 Bereichsbegehungen, 32 Expertengespräche, 25 Gruppendiskussionen sowie 545 schriftlich befragte Gruppenmitglieder und untere Führungskräfte (Meister).

2. Zeitwirtschaft und Partizipation

2.1 Traditionelle und modernisierte Zeitwirtschaft

Das betriebliche IE befasst sich mit der Planung, Gestaltung und Steuerung von betrieblichen Arbeitssystemen. Dem Anspruch nach werden hierbei die Ziele der Wirtschaftlichkeit und der menschengerechten Arbeitsgestaltung vereint. Menschengerecht bedeutet hierbei Wertvorstellungen und Bedürfnisse der Mitarbeiter zu berücksichtigen (REFA 1991). Einer programmatischen Gleichrangigkeit wirtschaftlicher und humaner Kriterien steht in der betrieblichen Praxis allerdings die einseitige Ausrichtung am Kriterium der wirtschaftlichen Optimierung entgegen (Zülch 1997).

Auf der Grundlage zeitwirtschaftlicher Studien werden Fertigungspläne und Produktionsprogramme definiert, Standardvorgabezeiten ermittelt und Arbeitssysteme laufend verbessert. Verhandlungspartner der Zeitstudien- und Rationalisierungsexperten des IE ist in deutschen Unternehmen der Betriebsrat und nicht die Beleg-

schaft. Das IE reicht die ermittelten Vorgabezeiten an die unteren Führungskräfte weiter, die die Zielerreichung überwachen (Abbildung 1).

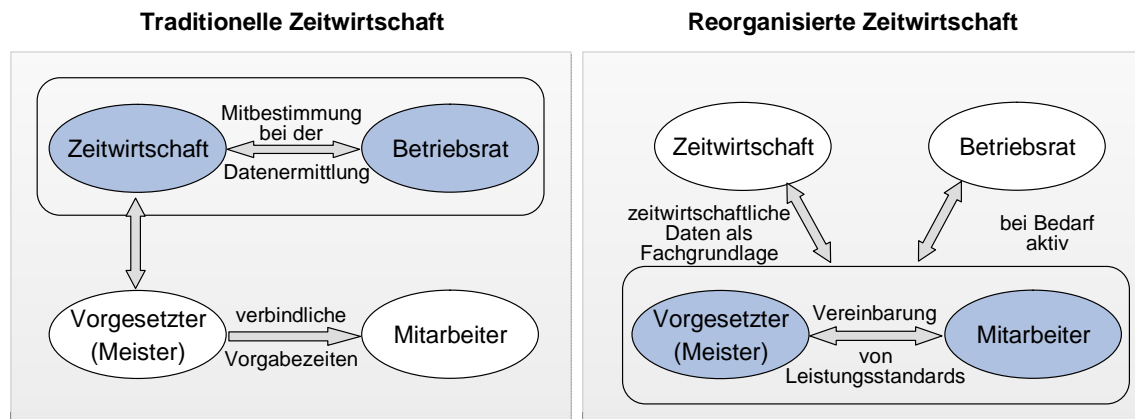


Abbildung 1: Traditionelle und reorganisierte Zeitwirtschaft

Operative Mitarbeiter von der Gestaltung des Arbeitssystems auszuschließen hat Nachteile. Insbesondere wird ein Betrieb kaum erwarten können, dass sich Produktionsarbeiter engagiert und kompetent an Kaizen-Aktivitäten beteiligen oder sich über die engen arbeitsvertraglichen Pflichten hinaus im Betrieb engagieren.

Vor diesem Hintergrund hat die Leitung in dem untersuchten Automobilkonzern eine „Reorganisation der Zeitwirtschaft“ beauftragt. Nunmehr verständigen sich Meister und Gruppenmitglieder in einem Dialog auf eine Zielvereinbarung, in der diese festlegen, mit welcher Anzahl an Mitarbeitern ein bestimmter Produktionsumfang zu bewältigen ist (Abbildung 1). Eine einseitige Vorgabe der Leistungsstandards durch die Unternehmensleitung ist damit ausgeschlossen. Im Gegenzug zu der fest definierten Standardleistung erhalten die Mitarbeiter einen gesicherten, nicht variablen Lohn. Experten der Zeitwirtschaft stehen als Unterstützer zur Verfügung. Für den Vereinbarungsprozess bestimmen die Gruppen einen Vertreter, der eine spezielle zeitwirtschaftliche Schulung erhält.

2.2 Vorteile von Partizipation

Wesentliche Vorteile der Partizipation wurden bereits in der frühen Organisationsforschung beschrieben. Beispielsweise hat Robert K. Merton (1940) auf „organisatorisch dysfunktionale Lernprozesse“ als Folge des Taylorismus hingewiesen. Damit ist gemeint, dass standardisierte Verhaltensweisen und deren Rechtfertigung für Mitarbeiter eine größere Bedeutung gewinnen als die Orientierung am Ziel einer optimalen Produktion und den wechselnden Anforderungen der Kunden. Chester Barnard (1938) hat als vordringliche Aufgabe des Managements die Gewinnung der freiwilligen Folgebereitschaft und der Kooperation der Mitarbeiter formuliert. Ein Mittel, um dies zu erreichen, ist laut Barnard die Beteiligung von Mitarbeitern an den unternehmerischen Entscheidungen, die nicht zwingend zentral getroffen werden müssen. In der aktuellen Organisationsforschung werden vor allem drei Ziele mit der Partizipation verbunden: Eine Flexibilisierung und Verschlankung der Organisation, eine Investition in die Humanressourcen und eine auf Vertrauen und Extra-Rollenverhalten basierende Unternehmenskultur. Dies waren auch die Motive des untersuchten Unternehmens. Konkret sollte die Kompetenz der operativen Mitarbeiter stärker im Kaizen-Prozess genutzt werden.

3. Betriebliche Erfahrungen und Erfolgsfaktoren

Die betrieblichen Erfahrungen mit dem Ansatz sind aus Sicht verschiedener betrieblicher Akteursgruppen ambivalent. Nur 41% der befragten Meister und 22% der Gruppenmitglieder bilanzieren die Umsetzung als gelungen. Folgende Defizite werden aus der Praxis berichtet:

- Konflikte über die Leistungsstandards: Während Führungskräfte oberhalb der Meisterebene dazu neigen, die Personalbesetzung zu verknappen, um Gruppen zu Verbesserungsaktivitäten zu drängen, beharren Gruppenmitglieder auf Zeitspielräume in der eigenen Verfügung.
- Spannungen zwischen Gruppen und IE: Gruppenmitglieder und IE werfen sich gegenseitig eine zu geringe Kooperationsbereitschaft vor. Aus Sicht des IE verfügen die Gruppen und selbst die Meister über eine mangelnde Bereitschaft, Rationalisierungsziele mitzutragen.
- Unbeabsichtigte Folgen von Spannungen und Konflikten: Konflikte verhindern einen zügigen Abschluss von Zielvereinbarungen und unterlaufen das Ziel einer gestärkten Vertrauenskultur. Stattdessen nehmen Gruppenmitglieder die Reorganisation als reinen Rationalisierungsansatz wahr.

Diese Kritikpunkte entsprechen den Erfahrungen in etwa 60% der reorganisierten Produktionsbereiche. Einflussfaktoren, die über Erfolg und Misserfolg entscheiden, liegen in der Arbeitsorganisation und in den Zielvereinbarungsprozessen.

3.1 Einfluss der Arbeitsorganisation

Idealtypisch lassen sich das „High-Performance Work System“ (HPWS) (Appelbaum et al. 2000; Thompson & Heron 2005) von einer traditionellen Arbeitsorganisation unterscheiden. Die traditionelle Arbeitsorganisation orientiert sich am Taylorismus, verzichtet auf den Dialog mit den Mitarbeitern und verfügt über einen Meister, der das operative Geschäft der Gruppe organisiert. Im HPWS existieren teilautonome Arbeitsgruppen, orientieren sich Mitarbeiter und Führungskräfte an einem Dialogmodell und verfügen die Produktionsbereiche über Meister, die in der Lage sind, die Selbststeuerung von Gruppen zu fördern. Zudem sind die Meister hier stärker in Planungs- und Verbesserungsaktivitäten eingebunden als in der traditionellen Organisation. Der Typus der Arbeitsorganisation hat messbare Effekte auf die Erfahrungen der Gruppenmitglieder und der Meister. Beispielhaft sei die Beteiligung an Verbesserungsprozessen herausgegriffen. Verglichen mit der traditionellen Arbeitsorganisation geht die Reorganisation der Zeitwirtschaft allein im HPWS mit einem hohen Niveau der Beteiligung von Mitarbeitern an Verbesserungsaktivitäten einher (Abbildung 2).

3.2 Qualität des Zielvereinbarungsprozesses

Die Gestaltung des Zielvereinbarungsprozesses muss berücksichtigen, dass sich die operativen betrieblichen Ziele nicht lückenlos im Rahmen von frei ausgehandelten Zielvereinbarungen mit den Interessen der Arbeitskräfte in Übereinstimmung bringen lassen. Um unproduktive Machtkämpfe zwischen Arbeitskräften und der Führung zu vermeiden, ist folgendes strukturiertes Vorgehen unumgänglich: Ausgangspunkt der Zielvereinbarung zwischen der unteren Führungskraft und dem Produktionspersonal sind zeitwirtschaftliche Daten sowie die operativen Planungsziele des Werkes. Hierbei hat der Meister eine Führungs- und eine Vermittlungsrolle. Er stößt

den Vereinbarungsprozess an und muss zugleich in der Lage sein, die Perspektive seiner Mitarbeiter zu berücksichtigen. Ist keine Einigung zu erzielen, leitet der Meister weitere Schritte ein. Er kann Unterstützung durch Fachpersonal anfordern oder Kaizen-Aktivitäten anstoßen, um die Erreichbarkeit der operativen Planungsziele zu erhöhen. Kommt es in einem folgenden zweiten Dialog nicht zu einer Einigung, hat der Meister unverzüglich ein Reklamationsverfahren zu beantragen. Zuständig ist ein paritätisch aus dem Betriebsrat und der Führung besetztes entscheidungsberechtigtes Gremium.

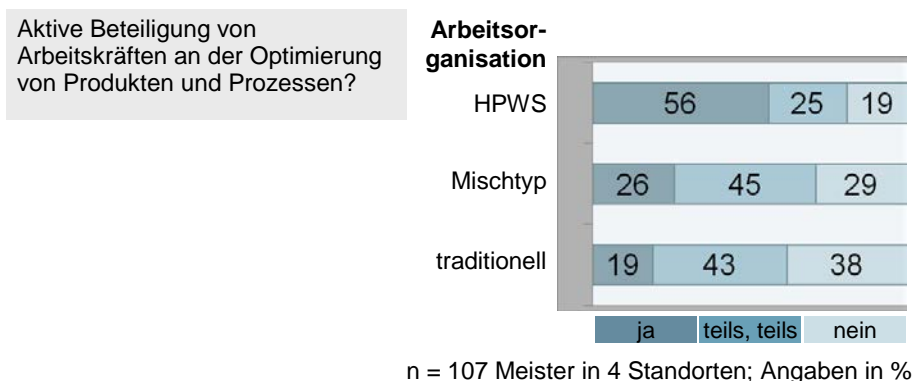


Abbildung 2: Arbeitspolitik und Beteiligung an Kaizen

Das Prozessmodell bietet eine ideale Voraussetzung für einen sachlichen Dialog. Es ermöglicht die Austragung von Konflikten, ohne Blockaden im Vereinbarungsprozess zu riskieren. Zugleich wirkt der Dialog einer Überforderung der Mitarbeiter durch ungerechtfertigt hohe Leistungsstandards entgegen [Gerst 6]. Der Interessenkonflikt zwischen der Führung und den Produktionskräften wird nicht überwunden, aber einer für beide Seiten tragfähigen Lösung zugeführt. Hierbei darf jedoch nicht übersehen werden, dass das Dialogmodell demokratische Prinzipien auch ökonomisiert. Der Dialog setzt einen Mechanismus frei, der das Handeln der Mitarbeiter im Arbeits- und Rationalisierungsprozess sehr stark auf die betriebswirtschaftlichen Ziele ausrichtet. Aus Sicht der Interessenvertretung wird es daher darauf ankommen, die Mitarbeiter zu ermuntern, auch nicht-ökonomische Interessen zu verfolgen. Hierzu zählen in erster Linie eine gesundheits- und persönlichkeitsförderliche Arbeitsgestaltung und die Solidarität im Arbeitsteam.

4. Literatur

1. Appelbaum, E., Bailey, T., Berg, P. & Kalleberg, L. 2000, Manufacturing Advantage: Why High-Performance Work Systems Pay Off. Ithaca, NY: Cornell University Press.
2. Barnard, C. 1938, The Functions of the Executive. Cambridge, MA: Harvard University Press.
3. Baecker, D. 1999, Organisation als System. Frankfurt am Main: Suhrkamp.
4. Gerst, D. 2006, Von der direkten Kontrolle zur indirekten Steuerung. Eine empirische Untersuchung der Arbeitsfolgen teilautonomer Gruppenarbeit. München: Rainer Hampp Verlag.
5. Merton, R. K. 1940, Bureaucratic Structure and Personality, Social Forces, 18, 560-568.
6. REFA-Verband für Arbeitsstudien und Betriebsorganisation (Hrsg.) 1991, Planung und Steuerung. Teil 1. Reihe Methodenlehre der Betriebsorganisation. München: Hanser.
7. Zülch, G. 1997, Industrial Engineering. In: H. Luczak & W. Volpert (Hrsg.), Handbuch Arbeitswissenschaft. Stuttgart: Schäffer-Poeschel, 183-186.

Gesellschaftliche Wertung der Arbeit

Die Gesundheitsdatengenossenschaft als (organisatorischer) Ansatz zur Verbesserung der Systemergonomie im Gesundheitswesen

Beatrice PODTSCHASKE, Sebastian GLENDE und Wolfgang FRIESDORF

*Fachgebiet für Arbeitswissenschaft und Produktergonomie,
Technische Universität Berlin, Fasanenstr. 1, Eingang 1, D-10623 Berlin*

Kurzfassung: Der Kostendruck im deutschen Gesundheitswesen erfordert eine Optimierung der arbeitsteiligen Behandlungsprozesse. Effizienz, Sicherheit und Verfügbarkeit von Gesundheitsleistungen können durch mehr Informationstransparenz verbessert werden. Die Einführung der elektronischen Gesundheitskarte verfolgt das Ziel, vorhandene Kommunikationsbarrieren abzubauen. Während technische Probleme zur Datensicherheit weitgehend gelöst sind, ist die Umsetzung des Kommunikationsmanagements bzw. Fragen des Datenschutzes noch ungeklärt. Dies beeinträchtigt möglicherweise die Akzeptanz bei Patienten und Ärzten. Im Rahmen einer Studie wurden Anforderungen an ein Betreibermodell für das Kommunikations- und Datenmanagement identifiziert. Der Fokus lag hierbei auf dem genossenschaftlichen Ansatz. Es zeigte sich, dass dieser zur übergreifenden Behandlungskoordination und damit zum gezielten Kommunikations-, Informations- sowie Datenmanagement besonders geeignet zu sein scheint. Die angebotenen Dienstleistungen und vertrauensbildenden Aspekte der Gesundheitsdatengenossenschaft tragen zur Nutzerakzeptanz elektronisch verarbeiteter Gesundheitsdaten und -informationen bei. Die gewonnene Informationstransparenz verbessert die Systemsicherheit und Systemeffizienz.

Schlüsselwörter: Systemergonomie, Genossenschaft, elektronische Gesundheitskarte.

1. Einleitung

1.1 Situation

Medizinischer Fortschritt und demografischer Wandel erhöhen den Kostendruck im deutschen Gesundheitswesen. Um auch zukünftig eine bedarfsgerechte, allgemein verfügbare und finanzierbare Gesundheitsversorgung anbieten zu können, bedarf es der Hebung von Effizienzreserven (Marsolek & Friesdorf 2007).

Die Systemergonomie bietet hierzu Modelle und Methoden mit dem Ziel Leistung und Zuverlässigkeit eines Arbeitssystems zu erhöhen. Eine wesentliche Vorgehensweise der Systemergonomie ist, die Elemente des Systems (Arbeitsobjekt, arbeitender Mensch, verwendete Arbeitsgeräte) und ihre Beziehungen untereinander zu bestimmen (Bubb & Schmidtke 1993).

Die Mensch-Maschine-Interaktion wird im System der Gesundheitsversorgung durch das Patient-Arzt-Maschine-System beschrieben. Das Berücksichtigen des Patienten als Systemelement entspricht der Erkenntnis, dass der Patient durch aktive Mitwirkung entscheidend zur Erfüllung der Behandlungsaufgabe und damit zum Be-

handlungserfolg beiträgt. Der Arzt steht stellvertretend für die am Behandlungsprozess beteiligten Leistungserbringer. Medizintechnische Geräte, aber auch alle anderen zur Behandlung benötigten Hilfsmittel und Geräte werden unter dem Systemelement Maschine subsumiert.

Die Komplexität der Patientenbehandlung erfordert häufig die Einbindung zahlreicher spezialisierter Akteure. Die Leistungserbringung erfolgt dadurch hochgradig arbeitsteilig, in seriell und parallel ablaufenden Arbeitsprozessen. Dabei fallen an vielen verschiedenen Stellen Gesundheits- und Abrechnungsdaten sowie Behandlungsinformationen an, die von den Beteiligten aus unterschiedlichen Blickwinkeln interpretiert, verändert und aggregiert werden. Der sorgfältigen Informationsweitergabe kommt eine Schlüsselrolle zu, um eine konsistente Behandlung zu gewährleisten. Allerdings liegen die Daten und Informationen häufig in unterschiedlicher Form an unterschiedlichen Orten vor. Es entsteht eine dezentrale und heterogene Daten- und Informationsbasis. Die fehlende Unterstützung der arbeitsteiligen Behandlungsprozesse durch geeignete Informations- und Kommunikationstechnologien bzw. deren fehlende Schnittstellen erschweren die Kommunikation. Informationsverluste und damit verbundene Ineffizienz erscheinen unausweichlich (Carayon & Friesdorf 2006).

1.2 Ansatz & Problem

Durch den Aufbau einer bundesweiten Telematikplattform mit einheitlichen Kommunikationsstandards sollen im Gesundheitswesen vorhandene Informations- und Kommunikationsbarrieren überwunden werden. Angestrebt wird das personenbezogene Speichern und Bereitstellen von Gesundheits- und Behandlungsdaten. Eine verbesserte Informationstransparenz könnte helfen Behandlungsbrüche bzw. Behandlungs- und Medikationsfehler, Wartezeiten und Doppeluntersuchungen zu reduzieren. Die persönlichen Zugriffsrechte sollen dem Patienten ermöglichen, sich einen besseren Überblick über seinen Gesundheitsstatus zu verschaffen und so dessen Eigenverantwortung und aktive Mitwirkung stärken. Effizienz und Behandlungsqualität würden nachhaltig gesteigert und die Patientenautonomie könnte gestärkt werden. (Schug & Schramm-Wölk 2004). Während die Fragen der technischen Datensicherheit weitgehend gelöst sind, bleibt zu klären, wie das Management der Patientendaten und der Kommunikation zwischen den Leistungserbringern garantiert wird – es fehlen geeignete Betreibermodelle. Rechtlich wird dem Patienten zwar die informationelle Selbstbestimmung eindeutig zugesichert, aber die Frage, wie und wo Patienten entscheiden und veranlassen können, dass Daten gespeichert, bereitgestellt oder gelöscht werden, ist nach wie vor unbeantwortet. Zudem besteht die Gefahr, dass die Anwender (Ärzte und Patienten) durch die mit der elektronischen Gesundheitskarte verbundene asynchrone Kommunikation (zeitlich versetzte Kommunikation mit Informationsspeicher) mit einer Flut an Daten und Informationen konfrontiert werden. Aus Sicht des Arztes ist dies problematisch, weil die zeitaufwendige Datenverwaltung seine Kapazitäten übersteigen dürfte. Der Patient hingegen sieht sich auf Grund seiner mangelnden Kompetenz mit dem Problem konfrontiert Daten und Informationen zu verstehen. Die Akzeptanz und Nutzung der elektronischen Gesundheitskarte könnte beeinträchtigt werden, was die assoziierten Effizienz- und Qualitätssteigerungen gefährden würde (Friedrich-Ebert-Stiftung 2006).

2. Methode

Im Rahmen einer Studie wurde untersucht, wie durch die Wahl einer geeigneten Kooperationsform ein hoher Datenschutz im Gesundheitswesen gewährleistet werden kann. Besonderes Augenmerk wurde hierbei auf die Genossenschaft gelegt. Eine systematische Betrachtung im Sinne des Systems Engineering (Haberfellner et al. 2002) diente dabei als Problemlösungsansatz. Ausgehend von der Analyse exemplarischer Behandlungspfade als ganzheitliche Wertschöpfungsketten wurden Stärken und Schwächen der Leistungserstellung sowie beteiligte Akteure und Märkte als Subsysteme des Gesamtsystems Gesundheitswesen identifiziert. Abschließend wurden Anforderungen an ein mögliches Betreibermodell zur Organisation des Kooperations- und Datenmanagement definiert und deren Erfüllung durch den genossenschaftlichen Ansatz aufgezeigt.

3. Ergebnisse

Durch die Analyse ergeben sich folgende Anforderungen an ein Betreibermodell zur Organisation eines behandlungsübergreifenden Informations- und Steuerungsmanagements:

- Ausübung des informationellen Selbstbestimmungsrechts durch den Dateninhaber, also Patienten ermöglichen,
- Sicherstellen einer hohen Informationsqualität, z.B. müssen die Daten vollständig, korrekt, konsistent, verfügbar und aktuell sein,
- Nutzerfreundlichkeit beim Zugriff der Daten gewährleisten, z.B. müssen die Daten relevant und verständlich sein,
- Hohe Vertrauenswürdigkeit der Organisation garantieren, d.h. das mögliche Missbrauchsrisiko sollte möglichst gering sein.

Die Genossenschaft scheint hierbei ein besonders gut geeigneter Ansatz, um die Anforderungen an eine solche Betreiberorganisation zu erfüllen.

Um Patienten die Ausübung des informationellen Selbstbestimmungsrechts zu ermöglichen, bedarf es einer entsprechenden Hilfestellung zur Beurteilung der Gesundheitsdaten. Hier greift das Dienstleistungsangebot einer Gesundheitsdatengenossenschaft. Die Kompetenzlücke des Patienten wird geschlossen, ohne auf Kapazitäten des behandelnden Arztes zurückgreifen zu müssen. Eine Gesundheitsdatengenossenschaft bietet ihren Mitgliedern (Patienten) nicht nur das gesetzlich geforderte Zugriffsrecht auf deren Gesundheits- und Behandlungsdaten, sondern garantiert die tatsächliche Zugriffsmöglichkeit und –kontrolle. Durch die vorhandene medizinische Kompetenz (in der Genossenschaft angestellte Ärzte) werden Daten und Informationen qualitätsgesichert und bedarfsorientiert bereitgestellt. Die Koordination und Kommunikation von Leistungsanbietern, Patienten und anderen Akteuren wird dabei von der Genossenschaft aktiv unterstützt. Die faktische Datensouveränität wird durch das Prinzip der Selbstverwaltung in die Hand der Patienten gelegt. Die Patienten sind Eigentümer und Geschäftspartner der Genossenschaft, d.h. sie bestimmen selbst, wer und in welcher Form auf ihre Daten zugreifen darf. Es wird also garantiert, dass die gespeicherten Gesundheits- und Behandlungsdaten nur im Sinne der Patienten bedarfsgerecht verwendet werden.

Da jedes Mitglied unabhängig von der Höhe der Geschäftsanteile nur eine Stimme hat, können die Patienten nicht oder nur unwahrscheinlich von weiteren Partnern (Leistungsanbietern, IT-Dienstleistern, Krankenversicherungen) dominiert werden.

Eine Genossenschaftsübernahme von außen kann nur nach einem entsprechenden Mehrheitsbeschluss in der Mitgliederversammlung erfolgen. Die unabhängige Prüfung der Genossenschaft bietet eine zusätzliche Sicherheit vor Insolvenz. Darüber hinaus können Mitglieder der Genossenschaft mit Hilfe des Aufsichtsrates (dessen Mitgliederanzahl nicht beschränkt ist) die Geschäftsführung des Vorstandes überprüfen und bei Beanstandung vorläufig ihrer Ämter entheben. Die genossenschaftliche Rechtsform bietet also umfassende Schutzmöglichkeiten für das sensible Gut Gesundheitsdaten, was das Risiko der missbräulichen Verwendung mindert. Sie kann daher als eine vertrauenswürdige Organisationsform eingestuft werden, was sich positiv auf die Nutzerakzeptanz bei Patienten und Ärzten auswirkt.

4. Fazit & Diskussion

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die Vernetzung des deutschen Gesundheitswesens durch die Einführung der elektronischen Gesundheitskarte und der damit verbundenen Definition einheitlicher Kommunikationsstandards ein großes Potenzial zur Steigerung der Informationstransparenz aufweist. Die Realisierung dieser Potenziale hängt aber im starken Maße von der Nutzerakzeptanz ab. Eine hohe Akzeptanz entsteht durch Vertrauensbildung und Partizipation. Die Gesundheitsdatengenossenschaft begünstigt durch ihre vertrauensfördernden Aspekte einerseits und das Dienstleistungsangebot andererseits die Akzeptanz zur Speicherung und Bereitstellung von Gesundheits- und Behandlungsdaten. Die gewonnene Informationstransparenz kann die Sicherheit und Effizienz der Gesundheitsversorgung verbessern. Eine solche Gesundheitsdatengenossenschaft wurde bisher noch nicht realisiert. Es bleibt also abzuwarten, ob sich die beschriebenen Vorteile in der Praxis tatsächlich entfalten werden.

5. Literatur

1. Bubb, H. & Schmidtke H. 1993, Systemergonomie. In: H. Schmidtke (Hrsg.), Ergonomie, 3. neu bearbeitete und erweiterte Auflage. München: Hanser, 305-458.
2. Carayon, P. & Friesdorf, W. 2006, Human Factors and Ergonomics in Medicine. In: G. Salvendy (Ed.), Handbook of Human Factors and Ergonomics. New Jersey: John Wiley & Sons, 1517-1537.
3. Friedrich-Ebert-Stiftung 2006, Die elektronische Gesundheitskarte kommt. Nutzen und Risiken der Telematik im Gesundheitswesen für Patienten und Gesellschaft, Band 4/2006. Erfurt. Bonn: Universitäts-Buchdruckerei.
4. Habermehl, R., Nagel, P. & Becvkerr, M. 2002, Systems Engineering - Methodik und Praxis, 11. Auflage. Zürich: Orell Füssli.
5. Marsolek, I. & Friesdorf, W. 2007, Arbeitswissenschaft im Gesundheitswesen – Balancierte Rationalisierung statt banaler Rationierung. In: Gesundheitsstadt Berlin e.V. (Hrsg.), Handbuch Gesundheitswirtschaft – Kompetenzen und Perspektiven der Hauptstadtregion. Berlin: Medizinisch Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, 88-94.
6. Schug, S., Schramm-Wölk, I., 2004, Telematik-Standards für das Gesundheitswesen. In: K. Jähn & E. Nagel, e-Health. Berlin: Springer, 11-15.

Die Ergebnisse sind im Rahmen einer Studie im Auftrag der DGRV Deutscher Genossenschafts- und Raiffeisenverband e.V., R+ V Krankenversicherung AG und Continentale Krankenversicherung a. G. entstanden. Die Studie wird voraussichtlich im Frühjahr 2008 veröffentlicht

Geringfügige Beschäftigung als Kostensenkungsstrategie im Einzelhandel

Birgit BENKHOFF und Vicky HERMET

*Technische Universität Dresden, Lehrstuhl für BWL,
Personalwirtschaft, Helmholtzstraße 10, D-01069 Dresden*

Kurzfassung: Auch wenn nach dem deutschen Arbeitsrecht alle Arbeitnehmer unabhängig von ihrem Beschäftigungsverhältnis gleich behandelt werden müssen, werden bei Minijobbern in der Praxis systematisch Abstriche gemacht. Minijobber erleben Diskriminierung nicht nur bei Löhnen, die teilweise nur die Hälfte des Tarifniveaus betragen. Sie erhalten meist auch keine Lohnfortzahlung im Krankheitsfall, bei Feiertagen und Urlaub und kaum Weiterbildung. Um eine hohe Arbeitsauslastung zu gewährleisten, setzen Firmen diese Arbeitskräfte zudem nach dem „just-in-time“-Prinzip kurzfristig auf Abruf ein. Das ergab unsere explorative Studie im sächsischen Einzelhandel.

Schlüsselwörter: Geringfügige Beschäftigung, Minijobs, Ungleichbehandlung, Einzelhandel.

1. Einleitung

Angesichts des starken Wettbewerbes im deutschen Einzelhandel, der durch Konkurrenz um Marktanteile mit Hilfe einer aggressiven Preispolitik (Bittner et al 2002) gekennzeichnet ist, sparen viele Unternehmen an den Personalkosten. Neben dem Abbau von 252.000 Vollzeitstellen im Einzelhandel im Zeitraum von 2000 bis 2005 und dem Ausbau von Teilzeitbeschäftigung zum Abdecken von Spitzenzeiten und zur Vergabe einfacher Aufgaben an unqualifizierte Arbeitskräfte (Warich 2006; Glau-bitz 2001), stellt der Einsatz von geringfügig Beschäftigten, auch Minijobber genannt, eine weitere Strategie der Personalkostensenkung dar.

Die Zahl der Minijobs, zu der sowohl geringfügig entlohnte Arbeitnehmer gerechnet werden, die kontinuierlich wenige Stunden arbeiten und bis maximal 400 Euro pro Monat verdienen, als auch Saisonkräfte, die längstens zwei Monate oder 50 Tage im Jahr angestellt sind, stieg im Einzelhandel zwischen März und Juni 2003 um 29,9% auf 835.061 an (Warich 2004). Inzwischen ist in dieser Branche fast jeder dritte Beschäftigte ein Minijobber und unter den 1.293.000 Teilzeitbeschäftigten machten geringfügig Beschäftigte mit rund 55% im Jahre 2005 die Mehrheit aus (Warich 2006). Die starke Zunahme geht auf Neuregelungen der Bundesregierung zur Ausweitung der geringfügigen Beschäftigung zurück, die sie im Zweiten Gesetz für moderne Dienstleistungen am Arbeitsmarkt zum 1. April 2003 verabschiedete. Dabei hob die Regierung die Bruttoentgeltgrenze, bis zu der eine Teilzeitbeschäftigung für Arbeitnehmer sozialversicherungs- und steuerfrei ist, von monatlich 325 auf 400 Euro an und schaffte die Höchstgrenze von 15 Wochenarbeitsstunden ab (Bäcker 2006).

Ein Anreiz für Arbeitgeber, geringfügig Beschäftigte verstärkt zu nutzen, liegt einmal in dem reduzierten Verwaltungsaufwand für diese Beschäftigtengruppe (Brandt 2006), deren Lohnnebenkosten für Steuern und Sozialversicherung in Höhe von gegenwärtig 30,1 % als Pauschalsatz unbürokratisch an die Minijob-Zentrale abzufüh-

ren sind. Zum anderen bietet der Wegfall der Wochenarbeitszeitbegrenzung die Möglichkeit, die Stundenlöhne im Unterschied zur vorherigen Regelung auf unter 6,67 Euro zu senken.

Minijobs bieten Arbeitgebern zwar Kostenvorteile, ihre weite Verbreitung ist angesichts der höheren Lohnnebenkosten für geringfügig Beschäftigte im Vergleich zu den Abgaben, die Unternehmen für Mitarbeiter mit einem Normalarbeitsverhältnis in Höhe von 22,55% (Brandt 2006) zu tragen haben, erklärungsbedürftig. Zudem haben Firmen eine höhere Fluktuationsrate bei geringfügig Beschäftigten zu verschmerzen, die nach Kalina & Voss-Dahm (2005) im Einzelhandel mit 67,5 % fast doppelt so hoch ist wie bei sozialversicherungspflichtig Beschäftigten mit 35,2 %.

Für geringfügig Beschäftigte gelten dieselben arbeitsrechtlichen Bedingungen wie für Arbeitnehmer in einem Teil- oder Vollzeitverhältnis. Ihnen stehen ebenso Lohnfortzahlungen im Krankheitsfall und bei Feiertagen, bezahlter Urlaub sowie Kündigungsschutz zu, und für sie gelten auch die Tarifabschlüsse ihres Unternehmens. Allerdings scheint die arbeitsrechtliche Gleichbehandlung von Firmen nicht immer praktiziert zu werden. Ein Hinweis kommt z. B. von Winkel (2005), der feststellt, dass im Jahr 2004 nur 7,6% der in Kleinbetrieben beschäftigten Minijobber Lohnfortzahlung im Krankheitsfall beantragt und erhalten haben, hingegen lag der Prozentsatz bei sozialversicherungspflichtig Beschäftigten bei 56%. Wir gingen deshalb der Frage nach, inwieweit geringfügige Beschäftigung von den herkömmlichen Arbeitsverhältnissen der Stammbeslegschaft in der Praxis abweicht und welche Arbeitsbedingungen Minijobber in Unternehmen des Einzelhandels erfahren.

2. Methode

Dazu untersuchten wir in einer empirischen Studie in Sachsen insgesamt 22 Niederlassungen von 18 verschiedenen Einzelhandelsunternehmen sowie zwei Unternehmenszentralen, die zahlreiche Filialen verwalten. Bei den befragten Firmen, handelt es sich vorwiegend um Handelsketten, die verschiedenen Branchen des Einzelhandels angehören. Darunter neun Baumärkte, fünf Firmen des Lebensmitteleinzelhandels, drei Möbel- und Einrichtungshäuser, drei Unternehmen der Bekleidungs- und zwei der Elektronikbranche sowie eine Drogerie. Außerdem war ein Warenhaus in der Stichprobe vertreten. Discounter befanden sich nicht darunter.

In den Firmen arbeiten in Sachsen etwa 3.380 Mitarbeiter, davon rund 410 Minijobber. Während fünf Filialen der Stichprobe zum Zeitpunkt der Erhebung keine geringfügig Beschäftigten hatten, variierte der Anteil an Minijobbern in den anderen Unternehmen zwischen 1,4 und 48,8 %. Allerdings handelt es sich hier um eine willkürliche bzw. „Empfänglichkeitsstichprobe“, da wir bei zahlreichen Unternehmen auf Ablehnung stießen, an einer Studie zum Thema geringfügige Beschäftigung teilzunehmen.

In den 24 Niederlassungen bzw. Firmenzentralen, die sich für eine Teilnahme an der Untersuchung entschieden, führten wir zunächst eineinhalb- bis zweistündige halbstrukturierte Interviews mit Marktleitern bzw. Personalverantwortlichen durch, um die Praktiken beim Einsatz von Minijobbern und die Motive dafür zu ergründen.

Anschließend sprachen wir mit Betriebsräten und Mitarbeitern, die zum Stammpersonal gehören oder geringfügig beschäftigt sind, um sicher zu gehen, dass wir die vielfältigen Praktiken der Unternehmen auch korrekt erfassten. Dabei ermöglichten drei Gruppeninterviews mit jeweils fünf bis 13 Beschäftigten sowie drei Einzelgespräche, zu denen sich Minijobber bereit erklärten, die Überprüfung der Arbeitgeberin-

formationen aus Sicht der Betroffenen selbst.

Auch wenn sich unsere Daten auf Beschäftigte bzw. Firmen des sächsischen Einzelhandels beschränken, ist eine Übertragbarkeit der Ergebnisse gegeben. Die befragten Firmen sind fast ausschließlich mit Filialen im gesamten Bundesgebiet vertreten, so dass ihre Praktiken als typisch für Deutschland und nicht nur für die Region angesehen werden können. Die Filialleiter wechseln üblicherweise im regelmäßigen Turnus die Märkte, so dass man davon ausgehen kann, dass ihre Praktiken über Sachsen hinaus Anwendung finden.

3. Ergebnisse

Ungeachtet der arbeitsrechtlichen Verpflichtung zur Gleichbehandlung von Mitarbeitern nach §2 und 4 des Teilzeit- und Befristungsgesetzes werden in der Praxis bei geringfügig Beschäftigten jedoch systematisch Abstriche gemacht. Während der Stundenlohn für die niedrigste Tarifgruppe im Einzelhandel bei 8,22 Euro liegt (Tarifvertrag ver.di für die Beschäftigten im Einzelhandel im Freistaat Sachsen, gültig ab 01.05.2005), erhalten geringfügig Beschäftigte im Schnitt zwischen 5,00 und 6,00 Euro pro Stunde.

Allerdings liegen die effektiven Stundensätze noch darunter, weil die Geschäftsleitung von Minijobbern in vielen Fällen erwartet, dass sie zur Vor- und Nachbereitung ihrer Einsätze früher kommen bzw. länger bleiben oder an Aktionstagen unentgeltlich zur Verfügung stehen. Tarifgebundene Unternehmen umgehen zudem Tariflöhne für Minijobber, indem sie diese Arbeitskräfte über einen Personaldienstleister beziehen. Im Gegensatz zum Stammpersonal sind geringfügig Beschäftigte aber nicht nur diskriminierenden Löhnen unterworfen, sondern erhalten, wie bereits Winkel (2005) vermutete, meist keine Lohnfortzahlungen im Fall von Krankheit, Urlaub und Feiertagen. Durch eine flexible Einsatzplanung legen Unternehmen die Beschäftigungszeiten der Aushilfskräfte kurzfristig außerhalb solcher Zeiten und vergüten auf diese Weise nur tatsächlich erbrachte Arbeitsleistungen. Im Unterschied zum Stammpersonal mit einer regelmäßigen Arbeitszeit, die laut Tarifvertrag mindestens drei Stunden pro Tag betragen sollte, kommt es bei geringfügig Beschäftigten häufig vor, dass sie zu Einsätzen unplanmäßig, meist für weniger als drei Stunden abgerufen bzw. wieder nach Hause geschickt werden. Firmen setzen Minijobs also entsprechend dem „just-in-time“-Prinzip ein, um eine geringe Arbeitsauslastung dieser Kräfte zu vermeiden.

Unternehmen sparen nicht nur an den Personalausgaben für geringfügig Beschäftigte. Auch die Bereitschaft, in die funktionale Flexibilität dieser Beschäftigtengruppe zu investieren, ist angesichts der relativ hohen Fluktuationsrate bei Minijobbern, die auch die Manager in unserer Stichprobe beklagen, von Seiten der befragten Firmen gering. Um die Einarbeitungszeit möglichst kurz zu halten, werden geringfügig Beschäftigte in der Regel für Hilfstätigkeiten, wie z. B. für Verräum- und Transportarbeiten eingesetzt, die sich innerhalb weniger Stunden erlernen lassen oder die klar definiert sind, was die Leistungskontrolle vereinfacht. In fast allen untersuchten Unternehmen werden geringfügig Beschäftigte auch an der Kasse eingesetzt, da diese Arbeit außer einem freundlichen Umgangston gegenüber den Kunden keine Verkaufsqualifizierung erfordert, sich Minijobber unabhängig von ihrer Ausbildung mit Hilfe von Simulationskassen schnell anlernen lassen und in Doppelkassen von einer erfahrenen Stammkraft beaufsichtigt werden können. Neben der technischen Unterstützung übernimmt die Einarbeitung und Kontrolle der Minijobber gewöhnlich das

Stammpersonal, so dass für die Firmen keine zusätzlichen Kosten entstehen.

Aufgrund der erwarteten hohen Fluktuationsrate der geringfügig Beschäftigten werden auch Investitionen in die Weiterbildung und Arbeitskleidung auf ein Minimum begrenzt. So erhalten Minijobber in der Regel keine Schulungen, es sei denn, sie sind unbedingt notwendig an der Kasse bzw. für den Umgang mit Kunden. Außerdem vermeiden Unternehmen hohe Trainingskosten, indem sie Studenten, die als technisch versiert und besonders lernfähig gelten, oder ehemalige Mitarbeiter im Ruhestand bevorzugt für solche Jobs einsetzen. Einige Firmen geben ihren Aushilfskräften das erforderliche Lernmaterial zur Aneignung von Artikelnummern und anderen technischen Kenntnissen, die sie für Einsätze an der Kasse benötigen, mit nach Hause und verlagern so Investitionen in die Beschäftigungsfähigkeit auf die Arbeitskräfte selbst. Was die Bereitstellung von unternehmensspezifischer Arbeitskleidung angeht, beschränkt sich diese bei geringfügig Beschäftigten mit Kundenkontakt oft nur auf ein Bekleidungsstück, an dem sie als Betriebszugehörige erkennbar sein sollen. In anderen Fällen tragen Minijobber ihre eigenen Sachen.

Wie unsere Ergebnisse zeigen, scheint in Anbetracht hoher Arbeitslosigkeit die Bereitschaft vieler Arbeitnehmer, unter diesen Bedingungen zu arbeiten, gegeben zu sein. Die Verbleibdauer der geringfügig Beschäftigten beträgt im Schnitt zwei Jahre, teilweise auch nur zwei Wochen oder wenige Monate. Bei Kündigung durch den Arbeitnehmer steht den Firmen eine ausreichende Zahl potentieller Interessenten für diese Jobs zur Verfügung. Von den Betriebsräten (soweit vorhanden) ist anscheinend kaum Widerstand zu erwarten. Sie signalisieren angesichts von Drohungen des Managements mit Betriebsschließungen im Fall von Personalkostensteigerungen oft ihr Einverständnis mit den Praktiken. Gewerkschaften sind auch in tarifgebundenen Betrieben weitgehend machtlos gegenüber der Diskriminierung geringfügig Beschäftigter, da vielfach zum Zweck der Nutzung von Minijobs Personaldienstleistungsfirmen genutzt oder eigens gegründet werden, die nicht dem Arbeitgeberverband angehören.

4. Literatur

1. Bäcker, G. 2006, Was heißt hier „geringfügig“ ? - Minijobs als wachsendes Segment prekärer Beschäftigung, WSI-Mitteilungen, 5/2006, 255-262.
2. Bittner, S., Schietinger, M., Weinkopf, C., Eberle, C. & Schroth, J. 2002, Zwischen Serviceorientierung und Kosteneffizienz: Personalmanagement in Call Centern und im Handel, Arbeit und Technik, Band 22. München: Hampp.
3. Brandt, T. 2006, Bilanz der Minijobs und eformperspektiven, WSI-Mitteilungen 8/2006, 446-452.
4. Bundesregierung 2006, Die Wirksamkeit moderner Dienstleistungen am Arbeitsmarkt. In: http://www.sozialpolitik-aktuell.de/docs/hartz1-3_langfassung.pdf.
5. Glaubitz, J. 2001, Hoffnungsträger oder Sorgenkind: Konzentration und Beschäftigung im Einzelhandel. In: M. Baethge, I. Wilkens (Hrsg.), Die Hoffnung für das 21. Jahrhundert? Perspektiven und Strategien für die Dienstleistungsbeschäftigung. Opladen: Leske und Budrich, 181-206.
6. Kalina, T. & Voss-Dahm, D. 2005, Mehr Minijobs - mehr Bewegung auf dem Arbeitsmarkt ?, IAT-Report, 2005-07, 1-10.
7. Teilzeit- und Befristungsgesetz (TzBfG), Gesetz über Teilzeitarbeit und befristete Arbeitsverträge, Ausfertigungsdatum 21.12.2000, zuletzt geändert am 19.04.2007. <http://www.gesetze-im-internet.de/tzbfhg/BJNR19660000.html>
8. Warich, B. 2004, Minijobs im Einzelhandel. Berlin: Wirtschafts- und Arbeitsmarktforschung, Beratung, Evaluation.
9. Warich, B. 2006, Strukturwandel im Einzelhandel. Berlin: Wirtschafts- und Arbeitsmarktforschung, Beratung, Evaluation.
10. Winkel, R. 2005, Minijob-Bilanz: kaum Lohnfortzahlung bei Krankheit und Mutterschaft, Soziale Sicherheit 9, 292-298.

Zur Qualität von Arbeit: Subjektive Bedeutungen verschiedener Formen von Arbeit für frei-gemeinnützig Tätige

Gina MÖSKEN¹, Michael DICK¹ und Theo WEHNER²

¹ *Otto-von-Guericke Universität Magdeburg,
Institut für Erziehungswissenschaft,
Zschokkestr. 32, D-39104 Magdeburg*

² *Zentrum für Organisations- und Arbeitswissenschaften (ZOA), Forschungsgruppe
"Psychologie der Arbeit in Organisation und Gesellschaft" (PdA)KPL H 13,
Kreuzplatz 5, CH-8032 Zürich*

Kurzfassung: Erwerbsarbeit verändert sich derzeit organisatorisch wie inhaltlich in starkem Maße. Kriterien dafür, was heute „gute“ Arbeit ist, können nicht einfach aus der traditionellen industriellen Arbeit in neue Formen von Dienstleistungs-, Wissens- und freiberuflicher Arbeit übertragen werden. Das vorzustellende Forschungsprojekt ermittelt Motive guter Arbeit aus der subjektiven Sicht der Arbeitenden. In einem vergleichenden Ansatz untersuchen wir die subjektiven Repräsentationen zum Thema Arbeit bei frei-gemeinnützig (ehrenamtlich) tätigen Menschen. Dabei wird die Erfahrung frei-gemeinnütziger Tätigkeit mit den Erfahrungen in anderen Formen der Arbeitstätigkeit kontrastiert. Auf Basis konkreter Erfahrungen wurde ermittelt, welche Motive denen anderer Formen von Arbeit ähnlich sind und wodurch freiwillige Arbeit sich von diesen unterscheidet. Es zeigt sich, aus welchen subjektiven und biographischen Motiven heraus Menschen einer frei-gemeinnützigen Arbeit nachgehen. Auch das Verhältnis verschiedener Arbeitstätigkeiten zu den Idealvorstellungen von Arbeit ist aufschlussreich und wird dargestellt.

Schlüsselwörter: Frei-gemeinnützige Arbeit, Arbeitsbegriff, Narrative Grid Interviews, subjektives Erleben.

1. Hintergrund

Arbeitsforschung und Arbeitswissenschaft tragen dazu bei, die Veränderungen der Arbeitswelt nachzuvollziehen und Formen von Arbeit anhand der aktuellen Lebenswirklichkeit von Menschen zu beschreiben (Raehlmann 2002). Dennoch beziehen selbst neuere Arbeiten fast ausschließlich Formen der Erwerbsarbeit in ihre Überlegungen ein. Freiwillige Arbeit, Eigenarbeit und andere Formen werden eher stiefmütterlich behandelt (Sauer 2006). Moldaschl (2002, 10) beschreibt eine „Ausweitung des Arbeitsbegriffs auf immer mehr Tätigkeiten außerhalb bisheriger Bedeutungshorizonte: Beziehungsarbeit, Erziehungsarbeit, Trauerarbeit [...]“ und untermauert damit die Legitimität einer breiteren Forschung und Wissenschaft zum Thema „Arbeit“.

Auch aus Sicht der Arbeitspsychologie ist eine einseitige Betrachtung der Erwerbsarbeit nicht mehr zeitgemäß (Hacker 1998; Richter 1997; Resch et al. 1997). Eine ausschließlich auf die gewerblich-organisierte Arbeit bezogene Forschung ignoriert die Vielfalt von Arbeitstätigkeiten und verschließt sich der interessanten Frage, wie und warum ein hoher Anteil von Arbeit frei und unbezahlt geleistet wird

(Ulich 2001). Dies liegt daran, dass in der interdisziplinären Arbeitsforschung die subjektiven Motive zu arbeiten eine untergeordnete Rolle spielen. Auf abstrakt theoretischer Ebene wird zwar reflektiert, dass Motive kulturell vermittelt sind und eine Antriebsquelle für die menschliche Aktivität darstellen (Leontjew 1977; Arendt 2007), in den konkreten Analyse- und Gestaltungsansätzen spielen diese Motive jedoch keine Rolle. Dennoch wird erkannt: „Die Ansprüche an „gute Arbeit“ verbinden sich stärker als früher mit lebensweltlichen Eigenschaften, die „Sinnperspektiven“ in der Arbeit gewinnen damit ein neues Profil“ (Sauer 2006, 256).

Für die vorliegende Studie hatte das Phänomen der frei-gemeinnützigen Arbeit eine entdeckungsleitende Funktion, da wir hier Motive und Qualitäten vermuten, die durch Erwerbsarbeit nicht abgedeckt werden. Es galt, insbesondere Merkmale der freiwilligen Arbeit mit Merkmalen von Erwerbsarbeit und idealer Beschäftigung zu vergleichen bzw. davon zu unterscheiden.

2. Forschungsfragen

Unsere zentralen Forschungsfragen waren:

- Welche subjektiv empfundenen Tätigkeitsmerkmale frei-gemeinnütziger Arbeit können expliziert werden?
- Welche Gemeinsamkeiten und Unterschiede finden sich in den subjektiven Repräsentationen über die frei-gemeinnützige Tätigkeit, ideale die Beschäftigung und die Erwerbsarbeit?

Im Rahmen eines qualitativ angelegten Forschungsprozesses wurden mit Hilfe narrativer Grid-Interviews (Dick 2001; Kelly 1955, 1986) erwerbstätige Frauen und Männer in unterschiedlichen Lebensphasen und aus verschiedenen Bereichen freiwilligen Engagements befragt. Ein direkter Vergleich von verschiedenen Tätigkeiten (hier: freiwillige Arbeit, Erwerbsarbeit, Hausarbeit, Familienarbeit, u.a.) nicht durch theoretisch begründete vorgegebene Kategorien, sondern durch die persönlichen Konstrukte der Interviewpartner ermöglicht es, Facetten von Arbeit zu entdecken, welche allein durch Erforschung von Erwerbsarbeit verborgen blieben.

3. Methode

Als Instrument zur Explikation persönlicher Wahrnehmung lässt das narrative Grid-Interview die Bewertung von Arbeit auf mehreren Dimensionen zu. Die Methode bietet großen Freiraum für subjektive Bedeutungs- und Sinnstrukturen, wobei sie dennoch interindividuelle Vergleichbarkeit ermöglicht.

Das narrative Grid-Interview fragt nach persönlichen Erfahrungen und erhebt gezielt persönliche Konstrukte (vgl. Scheer & Catina 1993; Raeithel 1993; Fromm 1995; Dick 2001; Bannister & Fransella 1981). Durch die Elemente der freien Erzählung und der selbstständigen Formulierung der Konstrukte entsteht Raum für die Darstellung der individuellen Wahrnehmung eines Menschen. Im Wesentlichen besteht das Verfahren aus drei Schritten:

- Narration: Zu vorgegebenen Elementen (hier: verschiedene Tätigkeitsformen, wie frei-gemeinnützige Tätigkeit, Erwerbsarbeit, Hausarbeit, Hobby, u. a.) wird jeweils eine freie Erzählung/Darstellung zur persönlichen Erfahrung mit dieser Tätigkeit erhoben,
- Triadenvergleich: Je drei der Elemente werden zum Vergleich vorgelegt (dabei

wird nach der Gemeinsamkeit zweier Elemente im Unterschied zum dritten gefragt) und es entsteht ein Konstruktpaar,

- Rating: Mit Hilfe einer mehrstufigen Skala werden sämtliche Elemente hinsichtlich der entstandenen Konstrukte eingeschätzt.

Der Erhebung eines Interviews schließt sich eine formale Beschreibung durch eine Hauptkomponentenanalyse an. Durch eine Verdichtung der Inhalte entsteht ein subjektives Modell, welches die Wahrnehmungsdimensionen der frei-gemeinnützig Tätigen abbildet. Als kooperatives Modell (Raeithel 1998) setzt das narrative Grid-Interview hermeneutisches und rekonstruierendes Vorgehen voraus.

Über Grid-Interviews können die Eigenschaften und Merkmale der verschiedenen Arbeitsformen differenziert expliziert werden. Der Mehrwert liegt in der Freiheit der Interviewpartner, eigene Kategorien bilden zu dürfen, denn die einzige Vorgabe sind die Tätigkeiten, zu welchen sie Aussagen treffen sollen. Die Methode öffnet den Blick für das subjektive Erleben, sowie für die individuellen Konstruktsysteme und Sinnzusammenhänge bezüglich der frei-gemeinnützigen Tätigkeit.

4. Ergebnisse und Diskussion

Es wurden je Interview durchschnittlich 12 Tätigkeiten mit 9 Konstruktpaaren bewertet. So entstanden mit den 20 erhobenen Interviews insgesamt 344 persönliche Konstrukte, mit deren Hilfe die verschiedenen Arbeitstätigkeiten bewertet wurden. In der Konstruktwelt der Befragten explizieren sich die aus subjektiver Sicht wichtigen Merkmale von Arbeitstätigkeit.

Auffällig war die häufig ähnliche Bewertung der freiwilligen Tätigkeit und der idealen Beschäftigung. Im Interview wurde die Frage nach dem Ideal meist so formuliert: „Können Sie sich auch eine ideale Beschäftigung, oder Tätigkeit vorstellen, wo sozusagen alles Gute zusammen kommt?“ Alle Interviewteilnehmer hatten eine persönliche Vorstellung von einer idealen Tätigkeit. Diese imaginäre Tätigkeit wurde ebenso wie die realen Tätigkeiten mit den persönlichen Konstrukten bewertet. In einer Vielzahl von Interviews liegen die frei-gemeinnützige Tätigkeit und das Ideal nach der Hauptkomponentenanalyse in einem gemeinsamen Bedeutungsraum und wurden ähnlich durch die Konstrukte bewertet. Interviewübergreifende Themen dieser beiden Tätigkeiten waren: Wohlbefinden, Gemeinschaftssinn, Entwicklung oder Abwechslung. Im Unterschied dazu wurden der Erwerbsarbeit andere Merkmale zugeschrieben, es fanden sich einer Zusammenschau der Interviews Themen wie Pflicht, Routine, Leistung, Existenz oder Eigennutz.

Besonders deutlich wurde die Vielschichtigkeit der frei-gemeinnützigen Tätigkeit im Vergleich zu anderen Tätigkeiten, da sie nicht nur durch o. g. Attribute beschrieben wurde, sondern auch Konstrukte wie Gesellschaft, Herausforderung, Sinn, geistige Aktivität, innere Öffnung, Weiterentwicklung, angenehme Pflicht und Helfen als Merkmale formuliert wurden.

Es gibt gemeinsame Themen in den erhobenen Interviews, dennoch steht jeder Einzelfall für sich. Die Themen der persönlichen Konstrukte der Befragten weisen auf Themen der Arbeit hin. In jedem einzelnen Interview finden sich individuelle Konstruktpaare und Beschreibungen, deren Vielfalt in einer Zusammenschau nicht hinlänglich abgebildet werden kann. Menschen über Tätigkeiten frei sprechen und diese anschließend vergleichen zu lassen, hat sich als sinnvolle Alternative zu Fragebögen oder anderen quantitativen Verfahren erwiesen.

Die Motive frei-gemeinnütziger Arbeit lassen sich vor subjektivem und biographi-

schem Hintergrund besser verstehen als auf der Ebene von Einstellungen. Die Studie zeigt, dass die Menschen Erwerbsarbeit und frei-gemeinnützige Arbeit in unterschiedlichen Bedeutungsräumen konstruieren. Die frei-gemeinnützige Arbeit liegt dabei näher an den idealen Vorstellungen einer Arbeitstätigkeit. Weiterhin wird deutlich, dass das Phänomen in der Region Sachsen-Anhalt vielfältiger ist, als zunächst gedacht und es erweist sich als bedeutsam, in welcher Lebensphase sich die engagierten Frauen und Männer befinden.

5. Literatur

1. Arendt, H. 2007, *Vita Activa. Oder vom tätigen Leben*, 5. Auflage. München: Piper.
2. Dick, M. 2001, *Die Situation des Fahrens. Phänomenologische und ökologische Perspektiven der Psychologie*, Sonderband 3. Hamburg: Harburger Beiträge zur Psychologie und Soziologie der Arbeit.
3. Hacker, W. 1998, *Allgemeine Arbeitspsychologie. Psychische Regulation von Arbeitstätigkeiten*. Bern: Huber.
4. Kelly, G. A. 1955, *The psychology of personal constructs*. Vol. I, II. New York: Norton.
5. Kelly, G. A. 1986, *Die Psychologie der persönlichen Konstrukte*. Paderborn: Junfermann.
6. Leontjew, A. N. 1977, *Tätigkeit, Bewusstsein, Persönlichkeit*. Stuttgart: Klett.
7. Moldaschl, M. 2002, *Zukunftsfähige Arbeitswissenschaft*. In: M. Moldaschl (Hrsg.), *Neue Arbeit – Neue Wissenschaft der Arbeit?* Heidelberg: Asanger.
8. Raehlmann 2002, *Arbeit und „Alltägliche Lebensführung“*. *Neue Sichtweisen in Arbeitswissenschaft und Arbeitsforschung*. In: M. Moldaschl (Hrsg.), *Neue Arbeit – Neue Wissenschaft der Arbeit?* Heidelberg: Asanger.
9. Raeithel, A. 1998, *Kooperative Modellproduktion von Professionellen und Klienten – erläutert am Beispiel des Repertory Grid*. In: A. Raeithel, *Selbstorganisation, Kooperation, Zeichenprozess. Arbeiten zu einer kulturwissenschaftlichen, anwendungsbezogenen Psychologie*. Opladen: Westdeutscher Verlag, 209-254.
10. Resch, M., Bamberg, E. & Mohr, G. 1997, *Von der Erwerbsarbeitspsychologie zur Arbeitspsychologie*. In: I. Udris (Hrsg.), *Arbeitspsychologie für morgen. Herausforderungen und Perspektiven*. Heidelberg: Asanger, 37-52.
11. Richter, P. 1997, *Arbeit und Nicht-Arbeit: Eine notwendige Perspektivenerweiterung in der Arbeitspsychologie*. In: I. Udris (Hrsg.) *Arbeitspsychologie für morgen. Herausforderungen und Perspektiven*. Heidelberg: Asanger, 17-36.
12. Sauer, D. 2006, *Arbeit im Übergang. Gesellschaftliche Produktivkraft zwischen Zerstörung und Entfaltung*. In: W. Dunkel, D. Sauer (Hrsg.), *Von der Allgegenwart der verschwindenden Arbeit. Neue Herausforderungen für die Arbeitsforschung*. Berlin: edition sigma, 241-257.
13. Ulich, E. 2001, *Zur Bedeutung und Bewertung nicht erwerbsbezogener Arbeitstätigkeiten*. In: E. Ulich, *Arbeitspsychologie*, 5. Auflage. Zürich: vdf.

Betriebsratsarbeit der Zukunft

Ursula RAMI und Hanns Peter EULER

*Institut für Soziologie, Abteilung Wirtschaftssoziologie und
Stadt- u. Regionalforschung, Johannes Kepler Universität Linz,
Altenberger Strasse 69, A-4040 Linz*

Kurzfassung: Ständiger Wandel konfrontiert die heutige Arbeitswelt und somit ist auch die Arbeit des Betriebsrats permanenten Veränderungen ausgesetzt. Die Studie zeigt, dass Vertrauen in den Betriebsrat als Institution wie auch in das persönliche Verhalten seiner Mitglieder zur Basis einer sinnvollen und erfolgreichen Betriebsratsarbeit gehört, denn ohne ausreichendes Vertrauen wird die Belegschaft den Betriebsrat nicht in Anspruch nehmen. Dabei ist vor allem die persönliche Kommunikation zwischen Betriebsrat und Belegschaft, neben der sozialen und fachlichen Kompetenz, der Präsenz und einer transparenten Arbeit, die Grundlage einer (zukünftigen) erfolgreichen Betriebsratsarbeit.

Schlüsselwörter: Co-Management, Vertrauen, Kommunikation.

1. Einleitung und Fragestellung

Die Funktion des Betriebsrats verschiebt sich in den letzten Jahren zunehmend von der konventionellen Interessensvertretung der Belegschaft (Rolle des Beschützers) hin zu einem „Co-Management“ in enger Zusammenarbeit mit der Geschäftsführung (Rolle des Gestalters) in sehr vielen Betrieben. Dadurch gewinnen einerseits die Mitwirkungsmöglichkeiten von Betriebsräten bei der unternehmerischen Gestaltung an Bedeutung, wie z. B. Mitgestaltung von betrieblichen Reorganisationsprozessen, Mitsprache bei der Einführung neuer Technologien usw., andererseits können dadurch die klassischen Mitbestimmungsagenden des Arbeitsverfassungsgesetzes, mit seinen verschiedenen Aspekten, wie wirtschaftlichen, sozialen, gesundheitlichen und kulturellen Angelegenheiten in den Hintergrund treten. Diese Entwicklung kann durchaus die gestalterischen Kräfte des Betriebsrats stärken, aber auch zu neuen Konfliktpotentialen und Spannungen mit der Belegschaft führen. Diese teils widersprüchlichen Anforderungen an die einzelnen Betriebsratsmitglieder und das Gremium als korporativem Akteur verlangen ein hohes Maß an persönlichen, sozialen wie auch fachlichen Kompetenzen. Weiters ist auch eine erhöhte Transparenz der Betriebsratsarbeit gegenüber der Belegschaft notwendig, um ihr Vertrauen in den Betriebsrat sichern zu können.

Seitens der Betriebsratskörperschaften Voestalpine Grobblech GmbH und Voestalpine Vatron GmbH, zwei Tochterbetriebe der Voestalpine AG, entstand am Standort Linz in der Folge die Idee, diese neuen Herausforderungen mit einer wissenschaftlichen Studie abzubilden, um die Betriebsratsarbeit besser an die Wünsche und Bedürfnisse der Belegschaft ausrichten zu können. Um einen möglichst breiten Zugang zum Thema sicherzustellen und der Gewinnung der notwendigen Feldkenntnis gerecht zu werden, wurde der quantitativen Forschung eine qualitative Studie vorgelagert, deren Ergebnisse im Rahmen dieses Referates vorgestellt werden.

2. Methodik

Die qualitative Studie, als Vorstudie zum quantitativen Hauptteil, hat einen rein explorativen Charakter mit dem Ziel der Gewinnung einer notwendigen Feldkenntnis. Da sich die Form der bewussten Auswahl insbesondere bei hypothesen- / theoriegestützten Untersuchungen eignet (Kromrey 2000, S. 263), wurden in der hier vorliegenden Studie die Interviewpartner mittels Quotenverfahren ermittelt. Die für ein Interview in Frage kommenden Personen wurden unter Anwendung des kombinierten Verfahrens durch folgende Merkmale getroffen: Betriebszugehörigkeit, Berufsstatus (Arbeiter / Angestellte), Geschlecht, Alter und höchster Schulabschluss.

Insgesamt wurden 33 teilstrukturierte Interviews (25 Gespräche mit Arbeitern bzw. Angestellten und 8 Interviews mit (Ersatz)Betriebsräten) durchgeführt, vollständig transkribiert und in Anlehnung an die qualitative Technik der „Zusammenfassung“ nach Mayring (2007, S. 59 ff) reduziert und analysiert.

3. Ausgewählte Ergebnisse

Die Interviewten sind grundsätzlich der Ansicht, die richtigen Vertreter in den Betriebsrat gewählt zu haben, obwohl oft nur der/die Vorsitzende bekannt ist und zu den (Ersatz)Betriebsräten meist kein persönlicher Kontakt (mehr) besteht. Wenn gleich sich, wie oben erwähnt, die Rolle des Betriebsrats vom Beschützer zum Gestalter wandelt, bleibt aus Sicht der Belegschaft die Interessensvertretung bzw. die Sicherung der Mitbestimmung die wichtigste Aufgabe des Betriebsrats. Als ein weiterer wichtiger Aufgabenbereich wurde die Verbindung zwischen Geschäftsleitung und der Belegschaft genannt. Für die Arbeiter etwas mehr als für die Angestellten sollte der Betriebsrat Mittler zwischen den Parteien sein und zur Seite stehen wo er nur kann. Weiters zählen für die Befragten kulturelle wie auch gesellschaftliche Veranstaltungen zu organisieren nicht unbedingt zu einer zentralen Aufgabe, aber dennoch durch die Belegschaft zu einer sehr hoch geschätzten. Älteren Betriebsräten wird mehr Kompetenz und Erfahrung zugestanden, jüngere Vertreter gelten aber als empathischer.

Eine gute wie auch wirkungsvolle Arbeit des Betriebsrats baut besonders auf Vertrauen auf. Vertrauen wird als eine gesellschaftliche Produktivkraft gesehen, als ein „Mechanismus der Reduktion sozialer Komplexität“ und gilt als wesentliche „Grundlage des sozialen Zusammenhalts“ (Luhmann 1968). Die Relevanz und Fragilität von Vertrauen hängt damit zusammen, dass Arbeitsbeziehungen alles andere als eine Sphäre des Vertrauens sind. Vielmehr sind sie als umkämpftes Gebiet um knappe Mittel und Werte zu charakterisieren, das durch Interessensgegensätze und Konflikte auf betrieblicher und individueller Ebene gekennzeichnet ist.

Vertrauen ist eine wesentliche Komponente der Handlungsfähigkeit und ermöglicht es den Menschen u. a. auch effektiv zusammenzuarbeiten. Daher ist Vertrauen in den Betriebsrat als Institution sowie als Person die Basis einer sinnvollen und erfolgreichen Betriebsratsarbeit, denn ohne ausreichendes Vertrauen wird die Belegschaft die Angebote des Betriebsrats nicht in Anspruch nehmen. Die Befragung hat ergeben, dass die Institution Betriebsrat anerkannt und als wichtig erachtet wird. Damit die Belegschaft zu den einzelnen Betriebsratsmitgliedern Vertrauen haben kann, muss nach Ansicht der Befragten ein Betriebsratsmitglied über soziale (z.B.: Ehrlichkeit, Offenheit, Treue zur eigenen Meinung, Hilfsbereitschaft) wie auch fachliche Kompetenzen (z.B.: arbeitsrechtliches Wissen, politisches Wissen, latente und

manifeste Strukturen des Unternehmens kennen) verfügen. Neben den sozialen und fachlichen Kompetenzen spielt für die Hälfte der Befragten das Alter eines Betriebsratsmitglieds bzw. eine längere Betriebszugehörigkeit hinsichtlich der Frage nach dem Vertrauen eine wesentliche Rolle. Älteren Personen vertrauen die Befragten mehr als jüngeren. Auch die Intensität des persönlichen Kontaktes zwischen Betriebsrat und Belegschaft hat einen Einfluss auf das Vertrauen. Ganz allgemein betrachtet sind die Befragten mit der Arbeit ihres Betriebsrats zufrieden. Der Großteil der Befragten sieht den Betriebsrat auf der Seite der Belegschaft, kennt ihn also als Interessensvertretung an.

Die Belegschaft gibt dabei ihrem Betriebsrat durchaus einen „Vertrauensvorschuss“. Die Betriebsräte haben in der Folge vielfältige Möglichkeiten, diese Basis zu stärken: durch Kompetenz (soziale und fachliche), Kommunikation (persönliche Kontakte, Intranet Schwarzes Brett), Präsenz (persönliche Interaktion) und Herstellung von Transparenz (mehr Einblick in die Arbeit des Betriebsrats).

3.1 Kompetenz schafft Vertrauen

Ganz allgemein betrachtet müssen Betriebsräte über soziale wie auch fachliche Kompetenzen verfügen. Zu den sozialen zählen dabei Fähigkeiten wie „Durchsetzungsvermögen“, „rhetorische Fähigkeiten“, „Ehrlichkeit“, „ein offenes Ohr haben“, „Verschwiegenheit“ und „Hilfsbereitschaft“. Fachlich müssen Betriebsräte über ein fundiertes arbeitsrechtliches und politisches Wissen verfügen. Eine langjährige Betriebszugehörigkeit der Belegschaftsvertreter und der damit verbundene größere Erfahrungshintergrund (innerbetriebliche Strukturen) stärken gleichfalls die Vertrauensbasis.

3.2 Kommunikation schafft Vertrauen

Die Möglichkeiten, viele Informationen in relativ kurzer Zeit an alle Mitarbeiter zu verbreiten, haben sich durch die so genannten Informations- und Kommunikationstechnologien (Internet, Intranet, E-Mail) weiter vergrößert und verdrängen die klassischen Kommunikationsmedien, wie Zeitungen und Schwarzes Brett, bei fast allen Mitarbeitern, insbesondere bei den Angestellten auf Platz 2. Doch mehr Information führt nicht zwangsläufig zu besser informierte Mitarbeiter. Der persönliche Kontakt mit dem Betriebsrat wird seitens der Belegschaft immer noch als wichtigstes „Medium“ zur Informationserlangung angesehen. Trotz eines (relativ) guten Verhältnisses zwischen Belegschaft und Betriebsrat fühlen sich die Befragten von der „betriebsrats-internen“ Kommunikation ausgegrenzt. Der Betriebsrat erscheint als eine Art „Black Box“ – die Prozesse der Entscheidungsfindung bleiben für die Belegschaft unverständlich.

3.3 Präsenz schafft Vertrauen

Eine persönliche Interaktion setzt eine entsprechende Präsenz des Betriebsrats voraus. Seitens der Befragten wird bemängelt, dass Betriebsräte oft nur telefonisch erreichbar sind. Eine entsprechende physische Anwesenheit (z.B. öfters durch die Lagerhallen und Stockwerke gehen) und fixe Sprechstunden, die auch eingehalten werden, werden von der Belegschaft gewünscht. „Ich möchte, dass ein Betriebsrat trotzdem mal auf mich zukommt. Und dass er mich anspricht, dass er sagt ‚Servus, wie geht’s dir ? Hast du ein Anliegen oder ist irgendwas ?‘ Und nicht dass man im-

mer selber hingehen muss“, so ein Befragter. Dies spiegelt den starken Wunsch nach einem persönlichen Gespräch und einem aktiven Wahrnehmen der Betriebsräte seitens der Belegschaft wider. Es liegt zu allererst am Betriebsrat selbst, die Vertrauensbasis zu stärken, damit in einem zweiten Schritt die Mitarbeiter in ihm den richtigen Ansprechpartner für ihre Probleme sehen.

3.4 Transparenz schafft Vertrauen

Damit die Belegschaft (mehr) Vertrauen zum Betriebsrat aufbauen kann benötigt sie nicht nur die bereits erklärte Kompetenz, Kommunikation und Präsenz des Betriebsrats, sondern auch mehr Transparenz. Denn die einzelnen Vorgänge, wie sich die Kooperation mit der Geschäftsleitung gestaltet, wie der Prozess der Lösungsfindung aussieht und welche Personen und Institutionen eingebunden werden, bleiben für die Belegschaft oft im Dunklen. Daraus begründet sich der Wunsch nach mehr Transparenz, also nach einer offeneren Darstellung der Betriebsratsarbeit nach außen. Natürlich ist in diesem Zusammenhang die Verschwiegenheitspflicht der Mitglieder und Ersatzmitglieder des Betriebsrats nach § 115 (4) ArbVG einzuhalten. Ein vertraulicher Umgang mit eingebrachten Anliegen wird von den Arbeitern und Angestellten gleichfalls als vertrauensfördernd erlebt.

4. Schlussfolgerungen

Die Herausforderungen durch die Globalisierung und die zunehmende „Ökonomisierung“ der Arbeitswelt lösen bei den Arbeitnehmern durchaus Zukunftsängste aus: „Wo ich momentan meine Befürchtungen habe, ist, eben die Globalisierung, gegen die wir nicht wirklich vorbereitet sind (...) wo der Arbeitnehmer schön langsam eben unter die Räder kommen kann“ (Voest-Mitarbeiter). Der Betriebsrat hat hier als „Anwalt“ für „soziale Fragen“ ein hohes Potential einzulösen. Im Gegensatz zu Parteien und anderen Interessensvertretungen zeichnet er sich durch seine betriebsnahe Verankerung aus. Die eigenen Ängste und Wünsche der Mitarbeiter zu artikulieren braucht einen persönlichen Kontakt. Der Betriebsrat könnte hier durch den Aufbau verbesserter vertrauensvoller Beziehungen (noch) erfolgreicher seine Funktion wahrnehmen.

5. Literatur

1. Kromrey, H. 2000, Empirische Sozialforschung, 9. Auflage. Poladen: Leske + Budrich.
2. Luhmann, N. 1989, Vertrauen: ein Mechanismus der Reduktion sozialer Komplexität, 3. Auflage. Stuttgart: Enke.
3. Mayring, Ph. 2007, Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken, 9. Auflage. Weinheim: Beltz.
4. Rami, U. 2006, Projektbericht „Ausrichten der Betriebsrats-Arbeit an den Wünschen und Bedürfnissen der Belegschaft. Linz: Eigenverlag.

Der Kraftwagenfahrer als Gegenstand der arbeitswissenschaftlichen Forschung. Ein historischer Überblick

Kilian J. L. STEINER

*Forschungsinstitut für Technik- und Wissenschaftsgeschichte,
Deutsches Museum, Museumsinsel 1, D-80538 München*

Kurzfassung: Dieser Beitrag rückt den Kraftwagenfahrer als Gegenstand der arbeitswissenschaftlichen Forschung in den Fokus. Hierbei werden insbesondere die Entwicklungen von Menschmodellen in Deutschland, den USA, aber auch in Frankreich berücksichtigt.

Schlüsselwörter: Menschmodell, Kraftfahrzeug, Ergonomie, Geschichte.

1. Einleitung

Sicherheit entwickelte sich in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts beiderseits des Atlantiks zum dominanten Thema des gesellschaftlichen Automobildiskurses. Über den Verlauf dieser Debatte lässt sich dank einer Reihe von Spezialstudien zur Innovationsgeschichte automobiler Sicherheitstechnik ein recht gutes Bild gewinnen. In diesen Untersuchungen wird immer wieder die Bedeutung des Menschen, seiner Konstitution und Biomechanik für das System Auto hervorgehoben. Dennoch liegen bislang keine Arbeiten vor, die sich aus einer historischen Perspektive mit der Schnittstelle Mensch-Maschine im Automobil und der Physis des Fahrers ernsthaft befassen haben. Dieser Beitrag rückt den Kraftwagenfahrer als Gegenstand der arbeitswissenschaftlichen Forschung in den Fokus. Hierbei werden insbesondere Entwicklungen in Deutschland, den USA, aber auch in Frankreich berücksichtigt. Ein besonderes Augenmerk liegt dabei auf dem Beitrag der Wissenschaft zu den in der Automobilindustrie verwendeten, anwenderbezogenen, anthropometrischen Menschmodellen.

2. Menschmodelle in der Automobilindustrie

Für Modelle des menschlichen Körpers werden international und nicht nur in der Automobilindustrie die Begriffe Mannequin bzw. Manikin und Dummy verwendet. Mannequin bezeichnet dabei in der Automobilindustrie im Allgemeinen zweidimensionale Zeichenschablonen, die im Entwurfsprozess von den technischen Zeichnern verwendet werden. Im Deutschen spricht man auch von so genannten Körperumriss-schablonen, da das Modell im Wesentlichen die Körperumrisse nachbildet. Sie wurden meist dann eingesetzt, „wenn nicht nur ein Maß, sondern gleichzeitig mehrere Körpermaße kombiniert benötigt w[u]rden, und besonders dann, wenn in den zu messenden Bereich auch die Bewegungsmöglichkeit des menschlichen Körpers und seiner Einzelteile mit eingehen“ musste (Jürgens et al. 1975). Unter Dummies versteht man dagegen in der Regel dreidimensionale, biomechanische Testpuppen, wie sie bei Crashtests eingesetzt werden. Aus dem Bereich der Modellierung von Mensch-Maschine-Systemen in der Informatik stammt schließlich der Begriff Menschmodell oder „man-model“. Für den Menschen stehen dabei im Idealfall unter-

schiedliche Modelle zur Verfügung, die verschiedene Aspekte menschlichen Verhaltens und menschlicher Fähigkeiten nachbilden und die entsprechend dem Untersuchungsziel ausgewählt werden. In der Automobilindustrie haben virtuelle anthropometrische Fahrermodelle auf Grund ihrer Dreidimensionalität und Integrierbarkeit in CAD-Programme inzwischen die bisher in der Entwurfsphase eingesetzten zweidimensionalen Mannequins ersetzt. Daneben gibt es noch eine ganze Reihe von Teilmodellen, die meist ein Körperteil in einer bestimmten Situation simulieren sollen (z. B. Schwingungsdummy). Da hier, mit einer Ausnahme, dem weltweit gültigen SAE-Manikin (SAE J826), jedoch nur Ganzkörpermodelle berücksichtigt werden können und sowohl Mannequins als auch mathematische Menschmodelle, die von Herbert Stachowiak beschriebenen Merkmale erfüllen, werden diese im Folgenden allgemein als Menschmodelle bezeichnet (Stachowiak 1973).

3. Entwicklung anthropometrischer Menschmodelle für die Automobilindustrie

Mit der beginnenden Massenverbreitung des Automobils wurden seit Mitte der 1930er Jahre Fahrer zunehmend Gegenstand der arbeitswissenschaftlichen Forschung. Ein frühes Beispiel stellt die Arbeit E. A. Müllers am „Kaiser Wilhelm-Institut für Arbeitsphysiologie“ über die günstigste Anordnung von Pedalen im Kraftfahrzeug dar (Müller 1936). Bereits hier flossen anthropometrische Daten in Form von Beinlängen mit ein, ohne dass diese jedoch eine statistisch gesicherte Repräsentativität beanspruchten oder auf einem Menschmodell beruhten.

Nachdem sich international im Zuge des Zweiten Weltkrieges die Arbeitswissenschaft rüstungsrelevanteren Bereichen zugewandt hatte und durch zahlreiche Reihenmessungen auch verstärkt Körpergrößen vorlagen, gewannen die zivilen Fahrerarbeitsplätze in den 1950er Jahre wieder stark an Bedeutung für die Wissenschaft (Damon et al. 1966). Sowohl die „Harvard School of Public Health“ als auch etwas später das aus dem „Kaiser Wilhelm-Institut für Arbeitsphysiologie“ hervorgegangene „Max-Planck-Institut für Arbeitsphysiologie“ in Dortmund (= heutiges „Institut für Arbeitsphysiologie an der Universität Dortmund“) entwickelten sich hierbei zu Zentren der auf Fahrzeuge bezogenen arbeitswissenschaftlichen Forschung. Allerdings blieb in dieser Periode der Einfluss der Wissenschaft auf die von der Automobilindustrie verwendeten anthropometrischen Daten zunächst offenbar begrenzt. Ein systematischer Vergleich von 20 US-amerikanischen PKWs und 22 europäischen Importwagen aus dem Produktionsjahr 1959 ergab, dass nur in seltenen Fällen wissenschaftlich erhobene Körpergrößen Verwendung gefunden haben konnten (Domey & McFarland 1963). Zugleich wurde moniert, dass ein von der US-Autoindustrie 1961 vorgestelltes Menschmodell die Fahrerpopulation oberhalb des 90. Perzentils nicht berücksichtigte (Geoffrey 1961). Darüber hinaus ist festzustellen, dass ein Teil der Daten auf nicht repräsentativen Messreihen beruhte und nur Beinlängen der weißen Bevölkerung in die Analyse eingeflossen waren. Mithin handelte es sich um ein sehr selektives und mit zahlreichen Mängeln behaftetes Menschmodell. Dessen ungeachtet bildeten die diesem Menschmodell zu Grunde gelegten Daten die Grundlage des 1962 durch die US-amerikanische „Society of Automotive Engineers“ (SAE) veröffentlichten Standards SAE J826, der ersten Zeichenschablone des menschlichen Körpers mit Normfunktion. In der Folge wurde dieser Standard und seine Prüfungsvorrichtungen u. a. sowohl von der „United Nations Economic Commission of Europe“ als auch von der „Europäischen Wirtschaftsgemeinschaft“ (EWG) 1974 übernommen. 1980 fand der SAE Standard J826 schließlich auch Eingang in die

Norm ISO 6549 der „International Organization for Standardization“ und erreichte damit weltweite Geltung. Gegenentwürfe aus Frankreich und Deutschland konnten dem Siegeszug des SAE-Modells keinen Abbruch tun.

In Frankreich ließen sich die Automobilhersteller Renault und Peugeot 1969 ein entworfenes Menschmodell schützen (Brevet n° 1.575.684). Im Gegensatz zum SAE Standard sind hier auch die oberen Extremitäten des menschlichen Körpers berücksichtigt. Das Modell war durch die Ergonomen des „Laboratoire de physiologie et de biomécanique de l'association Peugeot-Renault“ entworfen worden und wurde 1982 der französischen Norm X 35-002 zu Grunde gelegt. Schließlich sollte eine in den Jahren 1981/82 durchgeführte Reihenummessung der französischen Fahrerpopulation zu neuen Menschmodellen für die französische Automobilindustrie führen (Rebiffé et al. 1982).

Bis in die siebziger Jahre, als der SAE Standard auch in die Zulassungsrichtlinien der EWG aufgenommen wurde, fanden in der deutschen Automobilindustrie verschiedene Körperumriss-schablonen Verwendung (Jürgens et al. 1985). Am „Anthropologischen Institut“ der Universität Kiel waren Vorarbeiten zu einer neuartigen Körperumriss-schablone weit vorangeschritten. Dieses Menschmodell wird seinem Ursprung entsprechend als „Kieler Puppe“ bezeichnet. Die wichtigste Verbesserung gegenüber den bis dahin bekannten Modellen lag in der Auslegung der Gelenke. Durch den Einsatz von Kulissengelenken konnten unnatürliche Scharnier- und Maximalbewegungen automatisch verhindert werden (Jürgens et al. 1975). Ausgelöst durch die Novellierung des Betriebsverfassungsgesetzes 1972 bemühte man sich zeitgleich in der BRD, gesicherte Erkenntnisse über den in der Lebens- und Arbeitspraxis notwendigen Bestand von Körpermaßen zu schaffen. Hierzu war durch das „Deutschen Institut für Normung“ (DIN) der Ausschuss „Körpermaße“ gebildet worden, der sich auch mit der definitorischen und methodologischen Seite des Themas befassen sollte (Jürgens 1978). Um Synergieeffekte zu nutzen, beschlossen der Arbeitsausschuss „Körpermaße“ des DIN und die Arbeitsgruppe „Sitze“ des Ausschusses „Sicherheit und Wohlbefinden im Fahrzeug“ des „Vereins Deutscher Ingenieure“ (VDI) im Oktober 1975, bei der Normenarbeit für eine Zeichenschablone gemeinsam vorzugehen (Helbig & Jürgens 1977). Formulierungen im entsprechenden Forschungsbericht lassen erahnen, dass seitens der Industrie großer Wert darauf gelegt wurde, dass mit der neuen „Kieler Puppe“ der etablierte, internationale SAE-Standard nicht grundsätzlich in Frage gestellt wurde. Diesem Ziel wurden auch morphologische Erwägungen untergeordnet. Den Vertretern der deutschen Automobilindustrie war wohl einerseits bewusst, dass ihre Marktposition nicht stark genug war, um einen international etablierten Standard zu ändern. Andererseits waren bedingt durch das Betriebsverfassungsgesetz auch andere Anwendungen als das Fahren und damit auch die Interessen anderer gesellschaftlicher Gruppen zu berücksichtigen. Die gesetzgeberischen Anforderungen machten schließlich im Gegensatz zu früheren Menschmodellen erstmals den Rückgriff auf nach einheitlichen wissenschaftlichen und statistischen Grundsätzen erhobene Datenmaterial notwendig. Auf Grundlage von DIN 33402-1:1978-01 „Ergonomie - Körpermaße des Menschen - Teil 1: Begriffe, Messverfahren“ mussten insbesondere Daten von Frauen, Kindern und älteren Männern, Gruppen von denen man bisher nur über unzureichende Messdaten verfügte, erhoben werden. Auf Grundlage dieses einheitlichen Samples konnte schließlich die endgültige Auslegung der so genannten „Kieler Puppe“ erfolgen und als DIN 33408-1:1981-09 veröffentlicht werden.

In der industriellen Praxis blieben die hier vorgestellten Menschmodelle in Form von Körperumriss-schablonen bis Mitte der neunziger Jahre das wichtigste Hilfsmittel

(Seidl 1997). Seit den 1980er Jahre wurden weltweit allerdings auch virtuelle Menschmodelle für die Automobilindustrie entwickelt, die ergonomischen Grundsätzen genügen sollten. Als besonders erfolgreich hat sich in der Zwischenzeit das in Kooperation zwischen dem Lehrstuhl für Ergonomie an der TU München und der deutschen Automobilindustrie entwickelte Menschmodell RAMSIS erwiesen (Bubb 2006).

4. Fazit

Mit Beginn der Massenmotorisierung rückten auch Fahrer von Automobilen in den Fokus der Arbeitswissenschaften. Zunächst fanden diese Arbeiten erst nur vereinzelt statt und hatten bis Ende der 1950er Jahre kaum Einfluss auf die industrielle Produktion. Dies änderte sich erst in den folgenden Jahrzehnten, als in den Debatten um die Sicherheit des Automobils und die Humanisierung des Arbeitslebens eine stärkere Berücksichtigung wissenschaftlicher Erkenntnisse verlangt wurde.

5. Literatur

1. 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.
2. Damon, A., Stoudt, H. W. & McFarland, R. A. 1966, *The Human Body in Equipment Design*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
3. Domey, R. G. & McFarland, R. A. 1963, The operator and vehicle design. In: E. Bennett (Edt.), *Human factors in technology*. New York: McGraw-Hill, 247-267.
4. Geoffrey, S.P. 1961, A 2-D Mannikin [sic.], The inside story, for presentation at the 1961 SAE international congress and exposition of automotive engineering, Cobo Hall, Detroit, Michigan, January 9-13, 1961, Society of Automotive Engineers (SAE Preprint 267 A).
5. Helbig, K. & Jürgens, H. W. 1977, Entwicklung einer praxisgerechten Körperumrißschablone des sitzenden Menschen, *Forschungsbericht Nr. 187*. Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Unfallforschung.
6. Jürgens, H. W. 1978, Zur Standardisierung anthropometrischer Methoden, *Anthropologischer Anzeiger*, 36, 208-218.
7. Jürgens, H. W. Helbig, K. & Kopka, T. 1975, Funktionsgerechte Körperumrißschablone, *Ergonomics*, 18, 185-194.
8. Jürgens, H. W., Aune, I., Erichsen, K., Helbig, K. & Pieper, U. 1985, Theorie und Praxis von Körperumrißschablonen, *Ergonomische Studien Band 25*. Koblenz: Bundesamt für Wehrtechnik und Beschaffung.
9. Müller, E. A. 1936, Die günstige Anordnung im Sitzen betätigter Fußhebel, *Arbeitsphysiologie*, 9, 125-137.
10. Rebiffé, R., Guillien, J. & Pasquet, P. 1982, Enquête anthropométrique sur les conducteurs français, 1981-1982. Laboratoire de physiologie et de biomécanique de l'association Peugeot-Renault.
11. Seidl, A. 1997, A 3. 3. 3 Computer-Menschmodelle in der Ergonomie. In: H. Schmidtke (Hrsg.), *Handbuch der Ergonomie mit ergonomischen Konstruktionslinien*, 4 Bände. Koblenz: Bundesamt für Wehrtechnik und Beschaffung, 1-14.
12. Stachowiak, H. 1973, *Allgemeine Modelltheorie*. Wien: Springer.

Emotionale Führung in der Praxis

Volker HOENSCH

Haselbergstr. 8, D-82377 Penzberg

Kurzfassung: Die menschliche Arbeitskraft ist kaum nur als ein bloßer Kostenfaktor zu sehen. Im Rahmen markt- und privatwirtschaftlicher Organisationen agieren Arbeitskräfte als Verkäufer ihrer Arbeitskraft und zugleich weist die „Ware“ Arbeitskraft im Hinblick auf ihr Potential Besonderheiten auf. Damit dieses Potenzial auch tatsächlich in Leistung umgesetzt wird, wird Emotionale Intelligenz als Führungssubstitut vorgestellt.

Schlüsselwörter: Führungssubstitut, Emotionale Intelligenz.

1. Einleitung

Arbeit kann nur dann angemessen wissenschaftlich analysiert und damit gestaltet werden, wenn Unterschiede und Besonderheiten verschiedener Arbeitbereiche systematisch berücksichtigt werden. Die menschliche Arbeitskraft ist kaum nur als ein bloßer Kostenfaktor zu sehen, da sie immanenter Bestandteil des Produkts selbst ist. Karl Marx äußerte den Gedanken, dass mit der Anstellung eines Mitarbeiters die Betriebe nicht die eigentlich gewünschte Arbeitsleistung erwerben, sondern nur das Recht auf zeitweise Nutzung des Vermögens der Beschäftigten überhaupt arbeiten zu können, kurz, ihrer Arbeits-Kraft. Damit steht jeder Betrieb notorisch vor dem Problem, wie er das sozusagen latente Arbeitspotential in die erforderliche manifeste Arbeitsleistung, kurz in konkrete Arbeitsergebnisse überführt. Jeder Betrieb muss dieses Transformationsproblem lösen. Man kann auch dieses Transformationsproblem anders formulieren. Im Rahmen markt- und privatwirtschaftlicher Organisationen agieren Arbeitskräfte als Verkäufer ihrer Arbeitskraft und zugleich weist die „Ware“ Arbeitskraft Besonderheiten auf, die Begrenzungen und Korrekturen der marktwirtschaftlichen Organisationen des Kaufs und Verkaufs von Arbeitskraft erfordern. Die Ware Arbeitskraft bleibt nach ihrem Verkauf an ihren Besitzer gebunden; der Verkauf von Arbeitskraft dient nicht nur zur Existenzsicherung der Arbeitskräfte, sondern die Nutzung der Arbeitskraft hat auch Rückwirkungen auf die mentale, psychische und physische Verfassung des Arbeitskraftbesitzers und seiner Aktivitäten außerhalb der Arbeit und zudem ist die Arbeitstätigkeit eine anthropologische Grundlage der Selbstentwicklung und Selbstverwirklichung. Die damit verbundene Widersprüchlichkeit auf das Arbeitsverhältnis und die hieraus resultierende strukturelle Begründung sozial- und arbeitsgestalterischer Interventionen soll hier weiter untersucht werden.

2. Das Arbeitssystem nach dem soziotechnischen Systemansatz

Die Hauptaufgabe eines Unternehmens ist – als betrieblich vorgegebener Sollwert – die Durchführung von Verrichtungsvorgängen. In der Aufbauorganisation spiegelt sich die betriebliche Arbeitsteilung wider. Mit dieser Arbeitsteilung und –kombination werden auch die Ausführungsbedingungen – die Ablauforganisation – festgelegt.

Hinsichtlich der Aufgabenstruktur wird der soziotechnische Systemansatz zugrunde gelegt (Abbildung 1).

Das soziale Subsystem umfasst die mit der Ausführung der Arbeit betrauten Organisationsmitglieder mit ihrer gesamten Persönlichkeit, einschließlich ihrer Interaktionsbeziehungen. Das technische Subsystem umfasst die eigentliche Arbeitsaufgabe und die dabei einzusetzende Technologie. Zur Erfüllung der Arbeitsaufgabe werden Ressourcen (input) beschafft, die durch Be- und Verarbeitung in Produkte im weitesten Sinne (output) überführt werden.

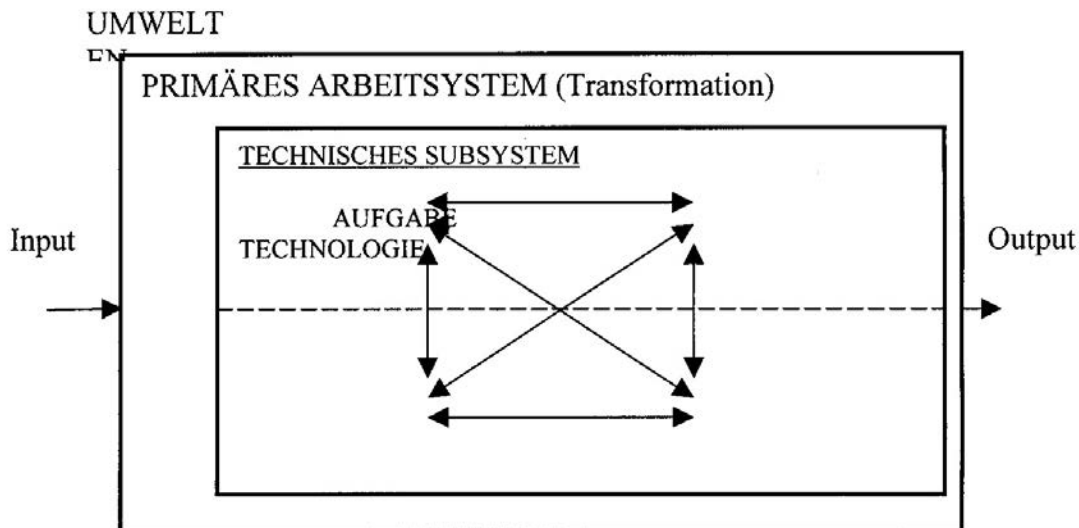


Abbildung 1: Das Arbeitssystem nach dem soziotechnischen Systemansatz

Das soziale Subsystem besteht aus einem Aufgabensystem (task system), unter dem eine Menge von Handlungen verstanden wird, die zusammen mit den menschlichen und physischen Ressourcen zur Aufgabenerfüllung benötigt werden und aus einem gefühlsorientierten System (sentient system). Das gefühlsorientierte System leitet sich von der Tatsache ab, dass Menschen neben aufgabenorientierten Rollen gleichzeitig andere Rollen innehaben, in denen sie nicht aufgabenorientierte Beziehungen innerhalb und außerhalb der Organisation aufbauen und pflegen. Beide, Aufgabensystem und gefühlsorientiertes System, sind für das Management einer Organisation von entscheidender Bedeutung. Empathie ist die hierzu notwendige Schlüsselfähigkeit. Doch wenn es ums Geschäft geht, wird Empathie kaum gelobt oder gar belohnt. Das Wort an sich scheint im geschäftlichen Zusammenhang unpassend und angesichts der harten Realität des Marktes fehl am Platz.

3. Soziales Bewusstsein

Doch Empathie – die grundlegende Kompetenz sozialen Bewusstseins – hat nichts mit Gefühlsduselei nach dem Motto „Ich bin okay, du bist okay“ zu tun. Empathie bedeutet nicht, dass Führungskräfte sich von den Gefühlen anderer überwältigen lassen und versuchen müssen, es allen recht zu machen. Das wäre ein Albtraum und würde jedes Handeln unmöglich machen. Empathie bedeutet vielmehr, die Gefühle von Mitarbeitern sorgfältig in Betracht zu ziehen und dann intelligente Entscheidungen zu fällen, die diese Gefühle einbeziehen. Und vor allem ermöglicht Empathie Resonanz, sowohl bei den Führungskräften als auch bei deren Mitarbeitern.

Emotionale Führung mit Empathie als die dafür notwendige Basisfähigkeit, besteht aus den vier in Abbildung 2 dargestellten Komponenten.

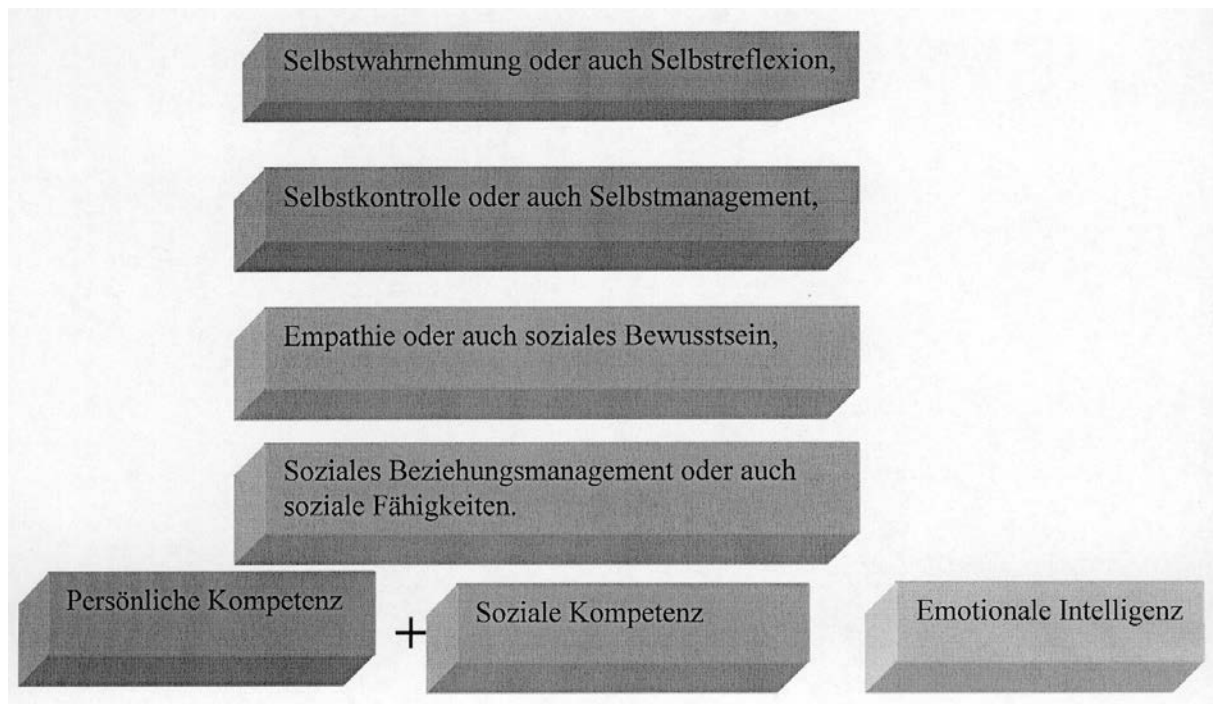


Abbildung 2: Komponenten Emotionaler Intelligenz und deren Darstellung als Gleichung

Bei Menschen mit Selbstwahrnehmung stimmen deren Entscheidungen mit ihren Werten überein; sie finden ihre Arbeit daher befriedigend. Das verlässlichste (aber am wenigsten offensichtliche) Zeichen von Selbstwahrnehmung ist eine Neigung zu Selbstreflexion. Menschen mit Selbstwahrnehmung nehmen sich Zeit, um in Ruhe nachzudenken. Daher können sie überlegte Entscheidungen fällen, statt impulsiv zu reagieren.

Die wichtigste Herausforderung einer Führungskraft ist Selbstmanagement. Selbstmanagement – das sich mit einem fortwährenden inneren Gespräch vergleichen lässt – ist jener Bestandteil Emotionaler Führung, der uns davor bewahrt, unseren Emotionen ausgeliefert zu sein. Außerdem ermöglicht Selbstmanagement auch Transparenz, die nicht nur eine Organisationsstärke darstellt. Transparenz – eine authentische Offenheit gegenüber anderen bezüglich der eigenen Gefühle, Überzeugungen und Handlungen – gestattet Integrität oder das Gefühl, dass eine Führungskraft vertrauenswürdig ist.

Soziales Bewusstsein – vor allem Empathie – ist entscheidend für die elementare Aufgabe einer Führungskraft, Resonanz zu erzeugen. Wenn Führungskräfte in der Lage sind, Gefühle und Standpunkte anderer zu erfassen, haben sie einen emotionalen Leitfaden, an dem sie sich orientieren können. In diesem Sinn ist Empathie die *conditio sine qua non* sozialer Effektivität im Arbeitsleben. Die Triade aus Selbstwahrnehmung, Selbstmanagement und Empathie bildet die Grundlage für die letzte Emotionale Intelligenz Fähigkeit: Beziehungsmanagement. Hier finden wir die offenkundigsten Werkzeuge guter effizienter Führung, darunter Überzeugungskraft, Konfliktmanagement und Zusammenarbeit. Beziehungen effektiv zu managen, bedeutet letztlich nichts anderes, als mit den Emotionen anderer richtig umzugehen.

Die dynamischen Beziehungen zwischen den beschriebenen vier Domänen Emotionaler Intelligenz können als Regelkreis aufgefasst werden (Abbildung 3).

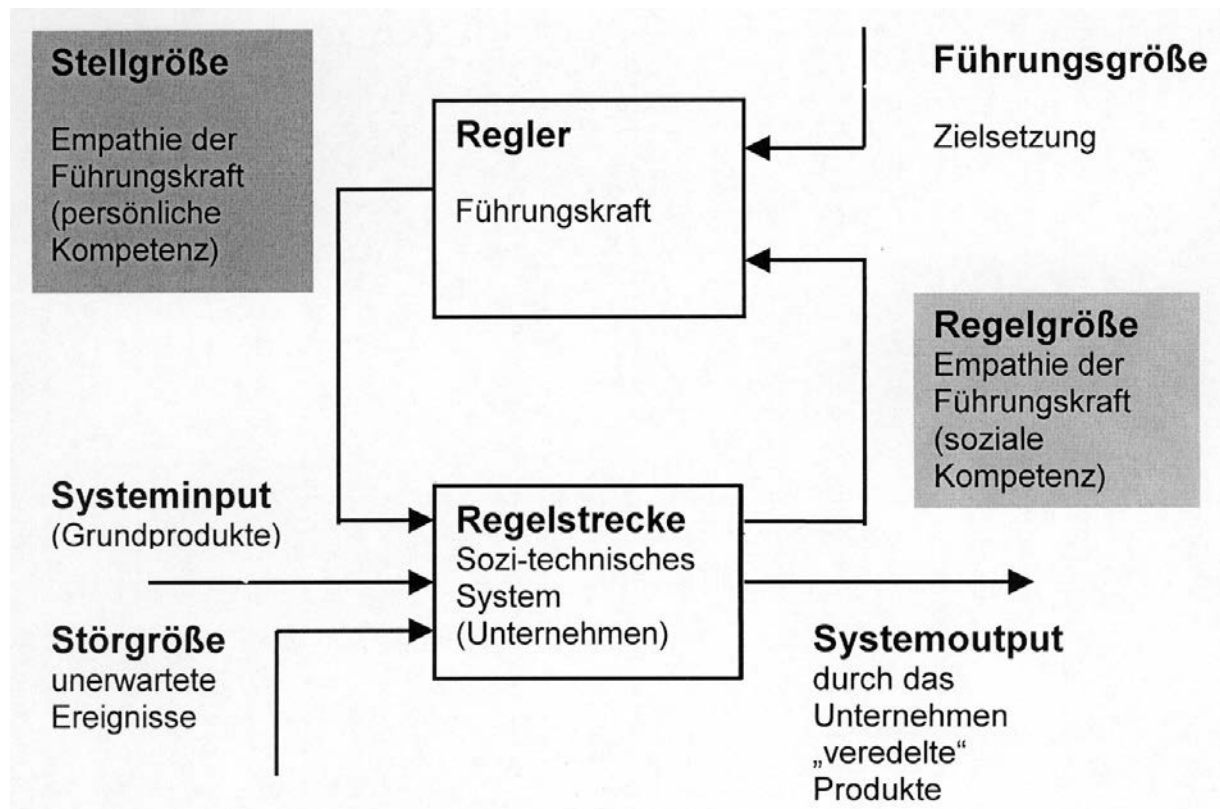


Abbildung 3: Einsatz Emotionaler Führung als Regelkreis

Jede Organisationskultur strebt Effizienz, Erfolg und Homogenität sowie Sicherheit für das Unternehmen an. Die Organisationskultur muss diese Ziele mit den widerstreitenden Umständen ausbalancieren. Dabei liegt das eigentliche Problem oft in fest verankerten Grundregeln oder im Laufe der Zeit herausgebildeten Gewohnheiten, die das Verhalten insbesondere im Team bestimmen. Es geht hier nicht einfach um eine Veränderung von Denkweisen, sondern um eine Veränderung von Gefühlen; durch Empathie. Die Organisationskultur erwächst aus bestimmten Erwartungen, die den Mitarbeitern wichtig sind. Die vorherrschende Organisationskultur prägt nicht nur das Individuum, sondern auch die Art, wie sein Leistungsverhalten durch Kollegen und Führungskräfte gedeutet wird. Diese Deutungen liefern die konkreten Möglichkeiten für die Ausgestaltung der Organisationskultur. Der Bewertungsmaßstab für diese Deutungen ist Emotionale Führung. Für die Emotionale Führung ist es wichtig, dass sich die Führungskräfte mit der emotionalen Realität der Organisation, der Kultur und tief verwurzelten Verhaltensweisen auseinander setzen. Da die meisten Teams und Organisationen am Status quo festhalten und alles bekämpfen, was ihn gefährdet, erfordert ein solches Maß an Veränderung mutige Führung, Kraft und konsequentes Engagement. Die Lektion lautet: Man darf die Kultur eines Unternehmens nicht ignorieren und man kann sie nur dadurch verändern, indem man die Führungskräfte einzeln in Richtung Einsatz von Empathie weiter entwickelt. Emotionale Führung und eine diese ermöglichende Organisationskultur sind die beiden Seiten einer Medaille. Nur mit diesem Verständnis sind die dringend notwendigen Veränderungen herbeizuführen, die das Unternehmen auf Erfolgskurs halten oder bringen können. Letzten Endes entscheidet die Kultur eines Unternehmens, ob es ein leistungsstarkes Team ist oder lediglich eine Ansammlung von Leuten, die sich zum Erwerbszweck zusammengefunden haben.

Unternehmerische Entscheidungen und Nachhaltigkeit

Christiane SPIEKER

Arbeitswissenschaft,

*Carl-Friedrich-Gauß-Fakultät der Technischen Universität Braunschweig,
Postfach 3329, D-38023 Braunschweig*

Kurzfassung: Im Nachhaltigkeits-„Management“ kann die soziale Dimension dann gefördert werden, wenn der Einfluss menschlicher Arbeit auf ökonomische Erfolgsgrößen in unternehmerische Entscheidungen einbezogen wird. In der praedezeptionalen Phase ist dazu ein methodisches Vorgehen erforderlich, das Kosten- und Erlöseinflussfaktoren menschlicher Arbeit erfasst, analysiert und bewertet, um die Bedingungen menschlicher Arbeit so zu gestalten, dass diese in ihren Auswirkungen auf den arbeitenden Menschen die Erreichung unternehmerischer Ziele dauerhaft begründen können.

Schlüsselwörter: Wirkungsketten-Analyse, ökonomische Bewertung, Einsatz menschlicher Ressourcen, ökonomische Effizienz.

1. Arbeitswissenschaft und „Corporate Sustainability“

Die jährlichen volkswirtschaftlichen Kosten der Arbeitsunfähigkeit bedeuten auf Unternehmensebene eine verminderte Wertschöpfung, die von einem zunehmend von Arbeitspersonen beklagten Einfluss an Fehlbeanspruchungen bei der Arbeit begleitet ist. Die Diskussion über eine nachhaltige Unternehmensentwicklung rechtfertigt im Bereich der menschlichen Arbeit danach zu fragen, wie durch einen effizienten Einsatz menschlicher Ressourcen in der Unternehmung die ökonomische Effizienz dauerhaft gefördert werden kann. Dafür ist insbesondere das Bewusstsein für die Bedingungen menschlicher Arbeit als eine Voraussetzung für den dauerhaften Erfolg der Unternehmung zu stärken.

Das Nachhaltigkeits-„Management“ strebt an, soziale, ökologische und ökonomische Ziele integrativ zu verfolgen, womit die Unternehmung zu einer nachhaltigen Entwicklung von Wirtschaft und Gesellschaft beitragen kann. Zur Sicherung der Nachhaltigkeit sollen konventionelle Managementmethoden eingesetzt werden (Schaltegger et. al. 2007).

Bei konventionellen Managementmethoden finden allerdings arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse noch zu selten Berücksichtigung. Deshalb ist ein konzeptionelles Vorgehen für den Bereich der menschlichen Arbeit erforderlich, das aufzeigt, wie im ökonomischen Wertesystem Bedingungs- und Wirkungszusammenhänge menschlicher Arbeit offengelegt werden können. Konventionelle Management-Methoden können so für die Umsetzung der „Corporate Sustainability“ durch ein methodisches Vorgehen sinnvoll ergänzt werden.

2. Theoretische Fundierung des Einflusses menschlicher Arbeit auf ökonomische Erfolgsgrößen

Ein „Einflussfaktorenbasiertes Kosten- und Erlösmodell menschlicher Arbeit“ zeigt, wie im Arbeitsprozess der Einfluss menschlicher Arbeit die ökonomischen Erfolgs-

größen modifiziert – wie zum Beispiel Zeit, Kosten, Qualität – und dadurch das wirtschaftliche Ergebnis auf der Ebene des Arbeitssystems determiniert.

Für die Prognose des Einflusses menschlicher Arbeit auf ökonomische Erfolgsgrößen kann die menschliche Effektivität als eine theoretische Größe herangezogen werden. Diese erklärt den Einfluss menschlicher Arbeit auf ökonomische Erfolgsgrößen und weist darüber hinaus auf die (menschliche) Potenzialnutzung hin: Ausgehend von den jeweiligen Ausprägungen der Beschaffenheitsmerkmale eines Gestaltungszustands menschlicher Arbeit (als Ursache) ist dafür zu prognostizieren, wie sich durch die primären Auswirkungen menschlicher Arbeit auf den arbeitenden Menschen die Eigenschafts-Merkmale des Menschen für die Arbeit (Wirkung, Ursache) verändern können, und welche sekundären Wirkungen sich daraus hinsichtlich des Beitrags der menschlichen Arbeit zur Erfüllung der Systemaufgabe ergeben können (Wirkung, Ursache). Das Ergebnis ist grundlegend, um tertiäre Auswirkungen menschlicher Arbeit vorhersagen zu können.

Die tertiären Auswirkungen beziehen sich auf die Veränderung der Leistungsfähigkeit und Leistungsbereitschaft des arbeitenden Menschen, die den Faktoreinsatz, den Transformationsprozess und das Produktionsergebnis modifizieren können (Wirkungen). Als tertiäre Auswirkungen können zum Beispiel Fehlzeiten, Arbeitsunfähigkeit, Fluktuation begriffen werden, die zu einem erhöhten Input führen, weil etwa zusätzliches Personal erforderlich ist, um Produktionsziele zu erreichen. Der Transformationsprozess kann exemplarisch durch Präsentismus oder Koordinationsprobleme beeinflusst werden. In Bezug auf das Produktionsergebnis kann dies dazu führen, dass es zu Fehlleistungen kommt, weshalb beispielsweise aufgrund von Nacharbeit Zeitvorgaben nicht eingehalten werden können.

Des Weiteren können Loyalität gegenüber der Unternehmung, Vertrauen und Offenheit auch als tertiäre Wirkungen des Einflusses menschlicher Arbeit auf ökonomische Erfolgsgrößen begriffen werden, die zu einem positiven Organisationsklima in der Unternehmung beitragen können. Ihr Einfluss auf die menschliche Effektivität – zum Beispiel durch positive Emotionen, Sinnerleben, Freude – begründet eine Steigerung der Wertschöpfung, wodurch die Systemeffizienz verbessert werden kann.

Auf diese Weise kann aufgezeigt werden, dass der von der Unternehmung in einer Periode geplante (geschaffene) Wertzuwachs (Wertschöpfung) auch durch die menschliche Effektivität beeinflusst wird.

Die Anpassung menschlicher Arbeit an die Fähigkeiten und Fertigkeiten des arbeitenden Menschen und an seine Motive und Bedürfnisse trägt außerdem dazu bei, die menschlichen Ressourcen effizient einzusetzen. Dies entspricht ökonomischer Rationalität, weil Ressourcen sparsam dimensioniert werden können. Die Systemeffizienz als das Verhältnis von Wertschöpfung zu Input kann somit unter besonderer Berücksichtigung des Einflusses menschlicher Arbeit auf ökonomische Erfolgsgrößen optimiert werden. Rationale Gestaltung menschlicher Arbeit kann daher als ein Mittel zur Wert(e)schaffung in der Unternehmung verstanden werden, die eine nachhaltige Unternehmensentwicklung begründen kann.

Die Berücksichtigung der Potenzialität und damit des Zukunftsbezugs der Performance ermöglicht es, die Veränderungen ökonomischer Erfolgsgrößen und deren Treiber integrativ zu betrachten – hier insbesondere aus dem Bereich der menschlichen Arbeit. Deshalb ist für die Planung des Einflusses menschlicher Arbeit auf ökonomische Erfolgsgrößen sowohl eine Effektivitäts-Analyse menschlicher Arbeit als auch eine ökonomische Erfolgsgrößen-Analyse menschlicher Arbeit durchzuführen. Beide Analysen sind grundlegend, um der Abhängigkeitsbeziehung zwischen Effektivität und Effizienz Rechnung zu tragen, bei der die Effektivität durch die Humanität

als eine reale Erfolgsquelle der Effizienz zu begreifen ist.

Ergänzend dazu veranschaulicht eine Wirkungsketten-Analyse menschlicher Arbeit, wodurch Handlungs- und Verhaltensweisen des arbeitenden Menschen in sozio-technischen Systemen bedingt sind und welche ökonomischen Implikationen daraus folgen können. Dadurch erhält der Entscheidungsträger Hinweise, wie die menschlichen Einflussfaktoren in ihren Beziehungen zu primär angestrebten Unternehmenszielen durch Gestaltung menschlicher Arbeit im Performance-Management gesteuert werden können.

3. Nachhaltigkeits-„Management“ unter dem Aspekt menschliche Arbeit

Die Ungewissheit des Einflusses menschlicher Arbeit auf ökonomische Erfolgsgrößen ist ein Grund dafür, warum es ökonomisch rational ist, das Risiko als Folge der Ungewissheit des Einflusses menschlicher Arbeit auf ökonomische Erfolgsgrößen in das Entscheidungs-Kalkül aufzunehmen und durch rationale Gestaltung menschlicher Arbeit zu steuern. Dazu hat der Entscheidungsträger bei der Prognose des Einflusses menschlicher Arbeit auf ökonomische Erfolgsgrößen die Veränderungen der Ausprägungen der eingesetzten Qualifikation, der Einstellung zur Arbeit (Motivation), des Gesundheitszustands und der Persönlichkeit der zukünftig im Arbeitsprozess (Arbeitssituation) tätigen Arbeitspersonen als Unsicherheitsfaktoren menschlicher Arbeit zu berücksichtigen.

Ausgehend von einem bestimmten Gestaltungszustand menschlicher Arbeit kann der Entscheidungsträger für die Prognose des Einflusses menschlicher Arbeit auf ökonomische Erfolgsgrößen nun ein optimistisches und ein pessimistisches Szenario entwickeln. Auf Basis von vernünftigen Einschätzungen des Für-wahr-Haltens von Zukunftslagen menschlicher Arbeit kann somit die Art und die Stärke der jeweiligen Abhängigkeit der Kosten (Erlöse) von menschlichen Unsicherheitsfaktoren aufgezeigt werden. Auf der Grundlage von Wirkungsketten menschlicher Arbeit kann im Kreis der betrieblichen Entscheidungsträger der Einfluss menschlicher Arbeit auf ökonomische Erfolgsgrößen diskutiert werden.

Um die Chancen menschlicher Arbeit (Ergebnisverbesserung) zu stärken und den Risiken menschlicher Arbeit (Ergebniseinbußen) vorzubeugen, sind aus dem optimistischen und dem pessimistischen Szenario menschlicher Arbeit Anforderungen an den zu schaffenden Gestaltungszustand menschlicher Arbeit abzuleiten. Die Erfüllung der abgeleiteten Anforderungen durch eine rationale Gestaltung menschlicher Arbeit kann in der postdeziSIONalen Phase dazu beitragen, eine pareto-effiziente Lösung zu erlangen. Eine Empfindlichkeits-Analyse menschlicher Arbeit verdeutlicht dabei, wie die Ausprägungen der Beschaffenheitsmerkmale eines geplanten Gestaltungszustands menschlicher Arbeit in ihren Auswirkungen angestrebte Ziele modifizieren können und inwieweit diese eine optimale Lösung begründen können, die gestellte Anforderungen erfüllt.

Eine komparative Analyse ermöglicht es, die ökonomischen Implikationen menschlicher Arbeit – optimistisches und pessimistisches Szenario menschlicher Arbeit – mit denen einer optimierten Lösung – hinsichtlich des Einflusses menschlicher Arbeit auf ökonomische Erfolgsgrößen – zu vergleichen.

Der ergebnisorientierte Einsatz arbeitswissenschaftlicher Erkenntnisse zur Entwicklung einer optimalen Lösung menschlicher Arbeit begründet schließlich, warum – im Gegensatz zu konventionellen Management-Methoden – die Glaubwürdigkeit dann höher ist, angestrebte Unternehmensziele zu erreichen, wenn der Einfluss

menschlicher Arbeit auf ökonomische Erfolgsgrößen auf Basis eines „Erweiterten Controlling-Ansatzes“ systematisch in unternehmerische Entscheidungen einbezogen und durch Gestaltung menschlicher Arbeit genutzt wird.

Im Sinne des Nachhaltigkeits-„Managements“ kann somit der effiziente Einsatz menschlicher Ressourcen auf Arbeitssystem-Ebene den Erfolg der Gesamtunternehmung dauerhaft fördern.

4. Schlussbemerkungen

Es zeigt sich, dass für die Umsetzung der „Corporate Sustainability“ ein integrativer und theoretisch fundierter Planungsansatz menschlicher Arbeit unerlässlich ist. Im Nachhaltigkeits-„Management“ begründet schließlich eine rationale Gestaltung menschlicher Arbeit die Schaffung humaner und ökonomischer Werte. Dadurch können sowohl die Wettbewerbs- und Innovationsfähigkeit der Unternehmung gestärkt als auch das gesellschaftlich verantwortungsbewusste Handeln im ökonomischen Wertesystem gefördert werden.

5. Literatur

1. Schaltegger, S., Herzig, C., Kleiber, O., Klink, T. & Müller, J. 2007, Nachhaltigkeitsmanagement in Unternehmen : Von der Idee zur Praxis: Managementansätze zur Umsetzung von Corporate Social Responsibility und Corporate Sustainability. Berlin: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU).

Nachwuchssymposium

Zur Schutzfunktion doppelt getragener Handschuhe in der Chirurgie

Andreas WITTMANN, Jan KÖVER, Nenad KRALJ und Friedrich HOFMANN

*Bergische Universität Wuppertal, Fachbereich D – Sicherheitstechnik,
Arbeitsphysiologie, Arbeitsmedizin und Infektionsschutz,
Gaußstraße 20, D-42119 Wuppertal*

Kurzfassung: Verletzungen an spitzen und/oder scharfen Gegenständen gehören zu den häufigsten Unfällen bei operativ tätigen Mitarbeitern im Gesundheitsdienst. Damit ist stets auch die Gefahr einer Infektion verbunden, da durch diese Eintrittspforte Blut und Körperflüssigkeiten übertragen werden können. In der vorliegenden Studie wurde zur Abschätzung des Infektionsrisikos das übertragene Blutvolumen bei simulierten chirurgischen Nadelstichverletzungen ex vivo bestimmt. Dazu wurden die Einstichversuche durch eine Latexschicht bzw. durch zwei Latexschichten durchgeführt, die mit ⁹⁹Tc -markiertem Blut kontaminiert worden waren. Die gemessenen Ergebnisse zeigen, dass doppelt getragene chirurgische Handschuhe zu einer signifikanten Reduktion des übertragenen Blutvolumens führen.

Schlüsselwörter: Nadelstichverletzungen, Doppelhandschuhsystem, Infektionsschutz.

1. Einleitung

Das Infektionsrisiko nach einer Nadelstichverletzung bei chirurgischen Tätigkeiten hängt neben der Wahrscheinlichkeit, dass das Instrument bei einem infektiösen Patienten benutzt wurde, auch stark von der durch die Verletzung übertragenen Ergermenge (und damit vom übertragenen Blutvolumen) ab. Das Ziel der vorliegenden Untersuchung war es, die bei chirurgischen Nadelstichverletzungen übertragene Blutmenge mittels radioaktiv markierten Bluts zu messen. Hierfür wurden neben Skalpellklingen auch automatische Lanzetten verwendet. Da in der Literatur regelmäßig auf die vermutete Schutzwirkung durch doppelt getragene Handschuhe hingewiesen wird, wurden auch die bei Stichen durch eine doppelte Latexschicht übertragenen Volumina ermittelt und so der Schutz dieser Maßnahme bewertet.

2. Material und Methoden

Für die Durchführung der Versuche wurde ein ex-vivo Modell gewählt. Aus frischer Schweineschwarte (Dicke ca. 19mm) wurden mittels einer Stanzhülse kreisrunde Proben hergestellt. Anschließend wurden 2ml frisches menschliches Vollblut mittels des Abnahmesystems Sarstedt Monovette® gewonnen, das durch Natriumcitrat für die nun folgenden Versuche flüssig gehalten wurde. Das Blut stammte jeweils von der Person, die die dann folgenden Versuche durchführte, um jegliches Infektionsrisiko auszuschließen. Von der vorhandenen Blutmenge wurden nun 1,5 ml abpipetiert und mit ca. 1 µl stark radioaktiver (ca. 15 MBq/µl) Kaliumpertechnetat-Lösung (⁹⁹Tc) versetzt. Die 1,5 ml radioaktives Blut wurden im Anschluss mittels eines Akti-

vimeters (ISOMED 2000) ausgemessen und die Aktivität dokumentiert.

Für die Simulation der Nadelstiche wurden die Proben in eine Halterung eingespannt. Über die Probe wurden dann abgeschnittene Finger eines medizinischen Schutzhandschuhs (Biogel® / Mölnlycke) gestülpt. Für Versuche zum Übertragungsverhalten bei doppelter Behandschuhung wurde auf das patentierte Doppelhandschuhsystem mit Indikator-Funktion zurückgegriffen (Biogel® Eclipse™ Indicator™ / Mölnlycke). Das System besteht aus einem grünen Innenhandschuh der eine halbe Nummer größer getragen wird und einem strohfarbenen Außenhandschuh.

Es wurden ausschließlich Versuche mit mindestens einer oder zwei Lagen Latex durchgeführt, da Operationen ohne die Verwendung steriler Handschuhe heute nicht mehr üblich sind. Jeder Einzelversuch wurde 10 mal unter identischen Bedingungen wiederholt:

Um Stiche durch chirurgische Nähnadeln nachzuahmen, wurde zuerst jeweils 3 µl Blut mittels einer Dosierpipette (Brand Transferpette® 20 µl, Genauigkeit 0,02%) auf den äußeren Handschuh aufgetragen. Sodann wurde mittels vorgespannter Sicherheitslanzetten (Owen Mumford Unistik®2 Normal, 21G, 2,4 mm Stichtiefe) durch den Blutropfen in die Probe gestochen. Die vorgespannten Sicherheitslanzetten stellten sicher, dass die Stiche alle unter identischen Bedingungen (Stichdauer, Stichtiefe) stattfanden. Verletzungen an Knochensplintern, Scherenspitzen etc. wurden ebenfalls mit Automatiklanzetten (Owen Mumford Unistik®2 Neonatal, 18G, 1,8 mm Stichtiefe) simuliert. Bei diesem Produkt handelt es sich um eine Automatiklanzette, deren Nadel klingenförmig ausgeführt ist. Auch hier erfolgte der Stich durch einen zuvor auf den Handschuh aufgetragenen Blutropfen mit 3µl Volumen. Die Stiche mittels Skalpellklinge (Otto Rüttgers GmbH & Co. KG Mini Blades (für die Mikrochirurgie, 0,6mm Materialstärke) wurden unter Zuhilfenahme einer selbst konstruierten automatisierten Stichmaschine ausgeführt. Die Skalpellklingen wurden hierzu für 30 Sekunden 10 mm tief in Blut getaucht, anschließend führte der automatisierte Stichapparat stets identische 3 mm tiefe Stiche durch. Der Stichapparat war von den Autoren ursprünglich für Messungen des bei Kanülenstichen übertragenen Blutvolumens entwickelt worden und ist in der Lage die Parameter Stichtiefe, Stichzeit und Stichgeschwindigkeit reproduzierbar konstant zu halten. Jeweils im Anschluss wurden die Proben mittels eines Bohrlochmessgeräts mit angeschlossenem Messcomputer (Maestro MCB 129) ausgemessen und nach Bestimmen der Zerfälle in einer Minute unter Berücksichtigung der seit der Kontamination des Blutes vergangenen Zeit die übertragene Blutmenge berechnet. Die Datenauswertung erfolgte mittels der Statistik-Software SPSS 14.

3. Ergebnisse

Bei den Stichen mit der Automatiklanzette Unistik®2 Normal wurden beim 2,4 mm tiefen Stich durch eine Lage Latex im Schnitt 0,0399 µl Blut übertragen. Durch die Verwendung des Indikator-Doppelhandschuhsystems wurden im Durchschnitt noch 0,0024 µl übertragen (Abbildung 1, links). Die Stiche mit der klingenförmigen Unistik®2 Neonatal-Lanzette übertrugen beim Stich durch eine Lage Latex mit 0,593 µl deutlich mehr Blut als die Stiche mit der nadelförmigen Unistik® Normal Lanzette, obwohl die Stichtiefe hier nur 1,8 mm beträgt. Wurde durch eine Doppellage Latex gestochen reduzierte sich das übertragene Volumen auf 0,168 µl (Abbildung 1, rechts).

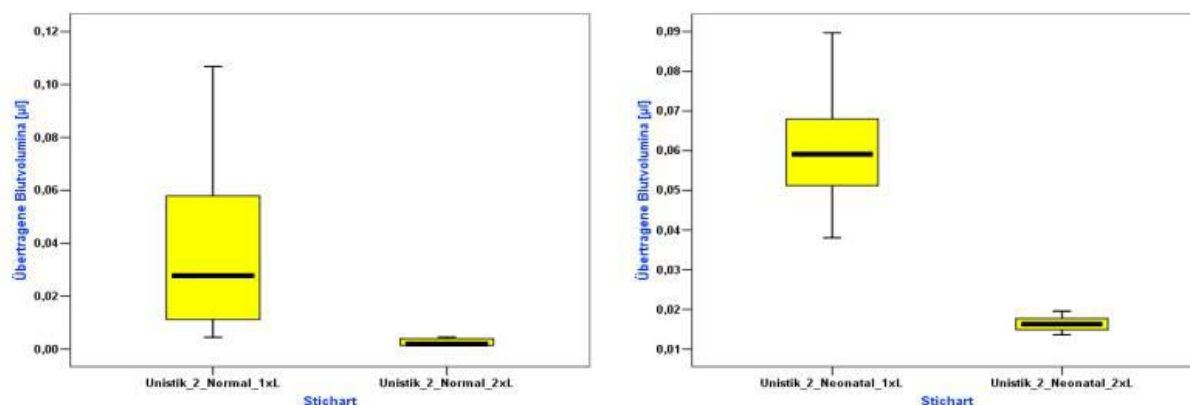


Abbildung 1: Doppelte Behandschuhung (2xL) führte sowohl bei den Stichen mit Unistik 2 Normal (links) als auch mit Unistik 2 Neonatal (rechts) zu einer deutlichen Reduktion des übertragenen Blutvolumens im Vergleich zu einfacher Behandschuhung (1xL)

Die mit der blutkontaminierten Miniklinge ausgeführten Stichverletzungen übertrugen beim Stich durch eine Lage Latex 0,0826 µl, beim Stich durch die Doppellage Latex wurden noch 0,0224 µl übertragen (Abbildung 2).

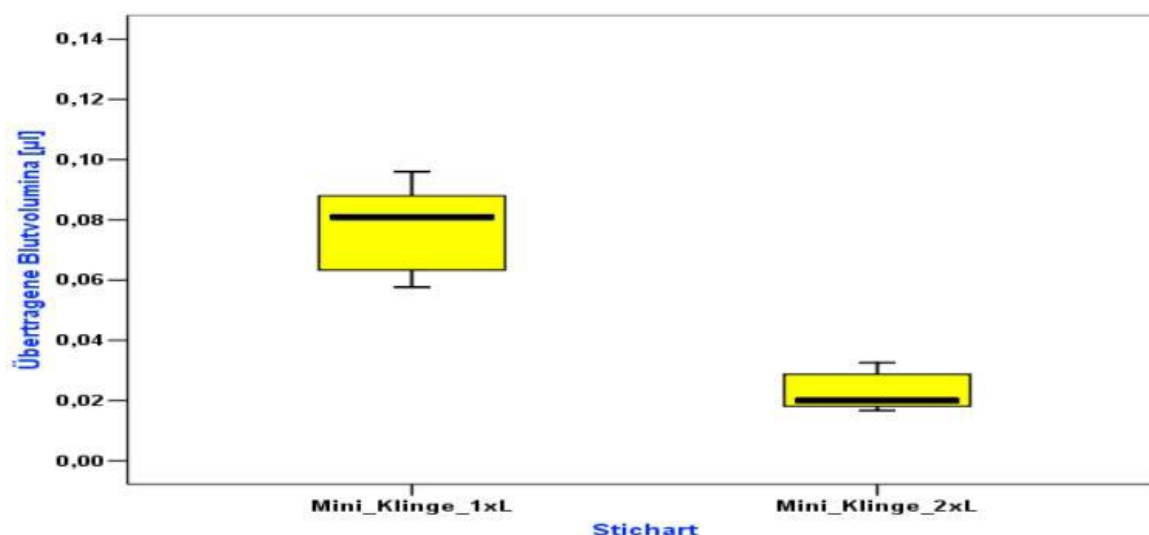


Abbildung 2: Doppelte Behandschuhung (2xL) führte bei den mit der Skalpellklinge simulierten Stichverletzungen zu einer deutlichen Reduktion des übertragenen Blutvolumens im Vergleich zu einfacher Behandschuhung (1xL)

Bei allen Stichen durch die Latexdoppelschicht konnte der Stich eindeutig durch eine grüne Verfärbung der Einstichstelle erkannt werden. Diese Verfärbung entsteht durch die in den Handschuhzwischenraum eindringende Flüssigkeit, die den hautnäheren grünen Handschuh durch den äußeren strohfarbenen Handschuh durchschimmern lässt.

4. Diskussion

Die Ergebnisse unserer Untersuchungen konnten zeigen, dass Doppelhandschuhsysteme einen erwünschten (positiven) Effekt auf das bei chirurgischen Nadelstichverletzungen übertragene Blutvolumen haben: In allen Versuchen führte das Tragen zweier Handschuhe übereinander zu einer signifikanten Reduktion des über-

tragenen Blutvolumens. Daher erscheint aus unserer Sicht die Verwendung doppelter Handschuhe bei allen chirurgischen Eingriffen sehr empfehlenswert und an bekanntermaßen infizierten (oder auf Infektiosität nicht untersuchten) Patienten obligatorisch. Die in dieser Studie gewonnenen Erkenntnisse wurden mittlerweile mit deutlich höherem n wiederholt, die dabei erzielten Ergebnisse entsprachen den hier vorgestellten und wurden bei einer englischsprachigen Fachzeitschrift zur Publikation eingereicht.

Work-Life-Balance: Methodische Probleme beim Erforschen eines Konstrukts am Beispiel von Geschlechtsunterschieden

Petia GENKOVA

*Philosophische Fakultät/ Fach Psychologie, Universität Passau
Innstrass 33, D-94032 Passau*

Kurzfassung: Work-Life-Balance ist eine Trendforschung, die sich trotz der hohen Anzahl von Untersuchungen dennoch in ihren Anfängen befindet. Das Fehlen an begrifflicher Präzision und mehrere, teilweise nicht explizite Zugänge führen zu widersprüchlichen Ergebnissen und verkomplizieren Handlungsempfehlungen und deren Implementierung. Anhand von drei Untersuchungen wird aufgezeigt, dass die Ergebnisse in Bezug auf das Forschungskonstrukt Work-Life-Balance von den Methoden und von den angewandten Ansätzen abhängig sind.

Schlüsselwörter: Work-Life-Balance, Gender, Wohlbefinden, Gesundheitsverhalten.

1. Einleitung

Im alltäglichen Verständnis wird Work-Life-Balance als Ausgleich zwischen Erwerbsarbeit - im Kontext von Mühe, Belastung, Beanspruchung sowie Müssen - und Privatleben - im Kontext von Ruhe, Erholung und Dürfen - definiert (Kastner, 2004). Bis heute gibt es keine allgemeingültige Definition für den Begriff Work-Life-Balance. Guest (nach Frey, et al. 2004) versucht sich in einer vorläufigen Definition: „Ausreichend Zeit, um den Verpflichtungen sowohl in der Arbeit als auch Zuhause nachzukommen“. Dennoch unterscheiden sich die Ansätze in Bezug darauf, ob das Konstrukt neutral oder wertend formuliert werden kann. Einer der Forschungszugänge entstammt den Organisationswissenschaften und der Organisationspsychologie. Dieser Ansatz stellt den gängigen positiven Zusammenhang zwischen Handlungsspielraum, Wohlbefinden und Gesundheit in Frage. Das Wohlbefinden von Mitarbeitern wird als betrieblicher Erfolgsfaktor im Sinne des Nichtvorhandenseins von Befindensbeeinträchtigungen (z.B. psychosomatische Beschwerden, Gereiztheit, Verstimtheit, Selbstwertzweifel, Ängstlichkeit) aufgefasst und wurde bis lang im deutschsprachigen Raum eher vernachlässigt (v. Eckardstein und Lüger, 1996). Dennoch wird die Auffassung von Work-Life-Balance aus der Organisationspsychologie kritisiert, da diese Balance nur für das Unternehmen erstrebenswert ist, um die Effizienz der arbeitenden Mitarbeiter zu erhöhen. Ähnliches gilt auch in Bezug auf die Work-Life-Balance als Ausgleich zwischen Erwerbsarbeit und Privatleben. Empirische Untersuchungen über längere Zeiträume, die sich mit Lebenszufriedenheit beschäftigen, weisen auf, dass der Zeroism, ein Nullzustand ohne schlechte und gute Ereignisse und Erlebnisse, nicht als Glückszustand wahrgenommen wird. (z.B. Fordyce 1972).

Wohlbefinden und Lebenszufriedenheit sind jedoch eher ein Forschungsgegenstand aus der Sozialpsychologie und werden als das Resultat von befriedigten Bedürfnissen und Motiven betrachtet. Der Organismus reagiert bei negativen Ereignis-

sen im stärkeren Maße als bei positiven Ereignissen zunächst (kurzfristig) mit Mobilisierung und langfristig mit Bagatellisierung (vgl. Taylor 1991, 1989). Lebenszufriedenheit lässt sich als kognitiver Prozess verstehen, indem die Bewertung des eigenen Lebens im Mittelpunkt steht, wobei z.B. ein Vergleich zwischen einem subjektiv erlebten Ist-Zustand und einem subjektiv festgesetzten Soll-Zustand auf der Grundlage ausgewählter, potentiell relevanter Informationen bezüglich des eigenen Lebens erfolgt. Ein subjektiv festgesetzter Soll-Zustand wird durch Erwartungen, Bedürfnisse, Ziele, Idealisierungen sowie soziokulturelle Normen und Werte einer Person beeinflusst.

Das Verhältnis von Ist- zu Sollzustand betont die Bedeutung der subjektiven Wahl des Sollwerts für das Ausmaß der selbstberichteten Lebenszufriedenheit (Standard – Theorie Multipler Diskrepanz, Michalos 1985). Je höher dieser ist, desto eher wird eine Diskrepanz zwischen Soll- und Ist-Größe erlebt, welche die Lebenszufriedenheit beeinträchtigt. Dabei spielt die Ausgewogenheit der Austauschprozesse und das Anspruchsniveau eine Rolle. Eine diffuse Unzufriedenheit kann sich nach Senkung des Anspruchsniveaus zu einer resignativen (Arbeits-) Zufriedenheit ausformen, während eine Beibehaltung des Anspruchsniveaus je nach Situationswahrnehmung und Problemlösungsversuchen zu einer Pseudo- (Arbeits-) Zufriedenheit bzw. zum Fixieren oder zu einer konstruktiven (Arbeits-) Zufriedenheit führen kann (vgl. Bruggemann et al. 1975; Semmer & Udris 1995). Wohlbefinden entsteht durch ein individuelles Anspruchsniveau, welches mit hoher Wahrscheinlichkeit erreichbar ist. Gerade die Beliebbarkeit des kognitiven Erlebens stellt eine persönliche und subjektive Dimension der Lebenszufriedenheit dar und bedingt nicht unerhebliche Probleme bei der Untersuchung von Work-Life-Balance.

2. Methode, Experimentelles Design und Stichprobenbeschreibung

Bei dieser Untersuchung sollen die Wechselwirkungen zwischen Work-Life-Balance, Wohlbefinden und Arbeitszufriedenheit in Bezug die Geschlechts-, Alters- und Berufsgruppenunterschiede untersucht werden. Weiterhin werden durch heterogene Forschungsmethoden verschiedene Aspekte beleuchtet, um das Konstrukt präziser zu definieren und zu validieren. Im Folgenden werden die Geschlechtsunterschiede primär betrachtet, mit folgenden drei Hypothesen:

- Hypothese 1: Frauen haben eine geringere Work-Life-Balance (Wohlbefinden und Arbeitszufriedenheit) als Männer;
- Hypothese 2: Frauen und Männer unterscheiden sich in ihrem Wohlbefinden in Bezug auf die einzelnen Wohlbefindensbereiche
- Hypothese 3: Frauen und Männer unterscheiden sich in ihren gesundheitsorientierten Verhaltensmustern.

Es wurde ein organisationspsychologischer Zugang benutzt. Der Fragebogen zum Thema Work-Life-Balance wurde aus zwei Fragebögen zusammengestellt. Dabei handelt es sich um den „Fragebogen zur Erfassung des allgemeinen Wohlbefindens (FEW)“ von Bongartz (2000) und um den „Landauer Fragebogen zum Arbeitsstil (LFA)“ in der Version für Unternehmen und für Universitäten (Braun 2000). Die Fragen beziehen sich auf das Wohlbefinden und die Lebenszufriedenheit und die zu deren Verbesserung benutzten Verhaltensstrategien (u.a. gesundheitsorientiertes Verhalten). Weiterhin wurde bei einer der drei durchgeführten Untersuchungen der AVEM Fragebogen (Schaarschmidt 2006) – ein Instrument zur interventionsbezogenen Diagnostik beruflichen Bewältigungsverhaltens - benutzt.

An der 1. Untersuchung nahmen 240 Versuchspersonen (Studierende, Männer 91; Frauen 159), an der 2. Untersuchung 95 Probanden (Berufstätige Akademiker, Männer 40; Frauen 55) und an der 3. Untersuchung 55 Lehrer (Männer 20, Frauen 35) teil.

3. Ergebnisse

Die Ergebnisse spiegeln die Forschungsprobleme des Konstrukts wider. Bei diesem organisationspsychologischen Zugang lassen sich die in Hypothese 1 behaupteten Geschlechtsunterschiede in allen drei Untersuchungen nicht nachweisen. Diese Ergebnisse widersprechen den sozialpsychologischen Befunden über Geschlechterunterschiede in Bezug auf Wohlbefinden (vgl. Myers & Diener 1995).

Die in Hypothese 2 behaupteten Unterschiede im Wohlbefinden zwischen Frauen und Männern in Bezug auf Bereiche wie Arbeit / Beruf; Familie / Kinder; Freunde, Bekannte; Freizeit; Wohnsituation und Politik / Gesellschaft zeigten sich nur in der 2. Untersuchung. Für die Frauen (Mittelwert: 3.1; SD=1.13 $F = 5.49$, 1; 93, $p = .02$) ist das Zusammensein mit dem Partner wichtiger als für die Männer (Mittelwert: 2.55, SD=1.19; $F = 5.49$, 1; 93, $p = .02$). Bei den Männern ist dagegen der finanzielle Bereich wichtiger als bei Frauen (Männer-Mittelwert: 2.67; SD= .88; Frauen-Mittelwert: 2.26, SD= .86 $F = 5.29$, 1; 93, $p = .02$). In Bezug auf die restlichen Wohlbefindensbereiche gab es keine signifikanten Unterschiede.

Der in Hypothese 3 behauptete Unterschied zwischen Frauen und Männer in den gesundheitsorientierten Verhaltensmustern (Sport-Bewegungsverhalten, Alkoholkonsum, Rauchgewohnheiten, Medikamentenkonsum und Schlaf und Ernährung) konnte in der Untersuchung 1 und 2 nur in Bezug auf den Bereich Ernährung ($F = 4.03$; df 1; 93; $p = .05$) nachgewiesen werden, wobei die Männer (Mittelwert 2.79 (SD= .98)) niedrigere Mittelwerte als die Frauen haben (Mittelwert 3.15 (SD= .82)).

Weiterhin wurde in der 3. Untersuchung zusätzlich überprüft, ob hoch belastete Lehrer höhere Werte in Bezug auf die Verausgabungsbereitschaft und auf den Perfektionismus haben. Die Ergebnisse zeigen, dass niedrig belastete Lehrer (Mittelwert= 2.83, SD= .86) höhere Perfektionismuswerte als die hoch belasteten Lehrer (2.39, SD= .81, $F = 3.871$, df 1; 53; $p = .005$) haben. In Bezug auf die Verausgabungsbereitschaft haben die hoch belasteten Lehrer (2.86, SD= .64; $F = 5.203$; df 1; 53; $p = .027$) niedrigere Werte als die niedrig belasteten Lehrer (3.26; SD= .65).

Solche „paradoxen“ Ergebnisse sind wiederum durch eine sozialpsychologische Auswertung bedingt, da der AVEM primär den Zusammenhang zwischen der Persönlichkeit und dem Verhaltensmuster untersucht. Diese Interaktionsaspekte der Persönlichkeit und der Berufswahl wurden bisher kaum in Bezug auf die Work-Life-Balance analysiert.

4. Diskussion

Während bei herkömmlichen sozialpsychologischen Untersuchungen starke Geschlechtsunterschiede in Bezug auf das Wohlbefinden und auf die Arbeitszufriedenheit festgestellt werden konnten, wurde hier deutlich, dass aus der organisationspsychologischen Perspektive keine Geschlechtsunterschiede existieren. Darüber hinaus ist das Konstrukt in sich selbst durch die Beliebigkeit der kognitiven Bewertung des Ist – und des Sollzustandes des Wohlbefindens und der Arbeitszufriedenheit nicht

direkt an objektiven Kriterien festzumachen, was teilweise auf die subjektiven Theorien der Menschen zurückzuführen ist, da letztlich deren eigene Wahrnehmungen ausschlaggebend dafür sind, ob sie ihr Leben als in einer Work-Life-Balance wahrnehmen oder nicht. Die weitere Forschung setzt eine Präzisierung der Begriffe sowie genaue Operationalisierungen und multivariate Messansätze voraus, um die Work-Life-Balance reliabel und valide untersuchen und praxisrelevante Handlungsempfehlungen ableiten zu können.

5. Literatur

1. Bruggemann, A., Groskurth, P. & Ulich, E. 1975, Arbeitszufriedenheit. Bern: Huber.
2. Diener, E. 1984, Subjective Well-Being, *Psychology Bulletin*, 95, 542-575.
3. Eckardstein, D.V. & Lüger, G. 1996, Wohlbefinden von Mitarbeitern als betrieblicher Erfolgsfaktor. In: H. Bruch, M. Eickhoff & H. Thiem (Hrsg.), *Zukunftsorientiertes Management. Handlungshinweise für die Praxis*. Frankfurt am Main: Frankfurter Allgemeine Zeitung, Verlagsbereich Buch, 119-136.
4. Frey, D., Kerschreiter, R. & Raabe, B. 2004, Work Life Balance: Eine doppelte Herausforderung für Führungskräfte. In: M. Kastner (Hrsg.), *Die Zukunft der Work Life Balance. Wie lassen sich Beruf und Familie, Arbeit und Freizeit miteinander verbinden ?* Kröning: Asanger Verlag.
5. Fordyce, M.W. 1972, *Happiness, its daily variation and its relation to values*. California: United States International University.
6. Kastner, M. 2004, Verschiedene Zugänge zur Work Life Balance. In: M. Kastner (Hrsg.), *Die Zukunft der Work Life Balance. Wie lassen sich Beruf und Familie, Arbeit und Freizeit miteinander verbinden ?* Kröning: Asanger Verlag.
7. Myers, D.G. & Diener, E. 1995, Who is happy ?, *Psychological Science*, 6, 10-19.
8. Michalos, A.C. 1985, Multiple discrepancies theory (MDT), *Social Indicators Research*, 16, 347-413.
9. Semmer, N. & Udris, I. 1995, Bedeutung und Wirkung von Arbeit. In: H. Schuler (Hrsg.), *Lehrbuch Organisationspsychologie*, 2. Auflage. Bern: Huber, 133-165.
10. Taylor, S.E. 1991, Asymmetrical Effects of Positive and Negative Events: The Mobilization-Minimization Hypothesis, *Psychological Bulletin*, 110, 67-85.

Belastung und Beanspruchung junger männlicher Arbeitspersonen beim Kommissionieren und einer Kälteexposition von -24°C

Mario PENZKOFER, Karsten KLUTH und Helmut STRASSER

*Fachgebiet Arbeitswissenschaft/Ergonomie, Universität Siegen,
Paul-Bonatz-Str. 9-11, D-57068 Siegen*

Kurzfassung: Das manuelle Kommissionieren in Kälte bei ca. -24°C stellt selbst beim Tragen entsprechender Kälteschutzkleidung ungewöhnlich hohe Anforderungen an den Menschen, die zwangsläufig bei jüngeren und älteren Mitarbeitern zu unterschiedlich hohen Beanspruchungen führen müssen. Die Zielsetzung eines größeren Forschungsvorhabens besteht deshalb darin, Vorgaben für eine bestmögliche altersdifferenzierte Gestaltung von Kältearbeit zu entwickeln, so dass stets für präventiven Arbeitsschutz gesorgt wird.

Schlüsselwörter: Kälteempfindungen, Tympanumtemperatur, Hautoberflächentemperatur, Lebensalter.

1. Einleitung

Ein wirkungsvoller Schutz gegen verderbliche Einflüsse bei zu kühlenden bzw. tiefgefrorenen Lebensmitteln ist nur dann gegeben, wenn eine geschlossene Kühlkette vom Hersteller, über Zwischenlager und den Handel bis hin zum Verbraucher besteht. Innerhalb dieser Kühlkette gibt es in Deutschland ca. 1 Mio. Kältearbeitsplätze, von denen sich etwa 30% in technisch gekühlten Räumen befinden. Allerdings gibt es nach Schätzungen von Griefahn (1995) nur ca. 2 500 Arbeitsplätze mit Umgebungstemperaturen unter -10°C. Tendenziell ist allerdings durch die statistisch bewiesene starke Zunahme des Verzehrs an Tiefkühlkost mit einer deutlichen Steigerung von Kältearbeitsplätzen zu rechnen. Die in einem Tiefkühlhaus anzutreffende Kommissionierung von Waren mit einem Gewicht von bis zu 15 kg ist trotz aller Automatisierungserfolge im Materialfluss und in der Logistik weitgehend Handarbeit geblieben. Diese bedingt deshalb die Notwendigkeit, dass sich Personen dort über längere Zeit bei Temperaturen um -24°C aufhalten müssen. Die physische Belastung ist dabei, aufgrund des erhöhten Energieumsatzes und der damit verbundenen Wärmeproduktion, eher als hilfreich und notwendig, denn als unzuträgliche Zusatzbelastung anzusehen. Die Fähigkeit des Menschen, sich vor Unterkühlung zu schützen, muss jedoch mit zunehmendem Lebensalter, u.a. durch die Abnahme der körperlichen Leistungsfähigkeit, zwangsläufig schlechter werden. Eine Anpassung der Aufenthaltszeit in der Kälte an das jeweilige Lebensalter scheint deshalb dringend geboten.

2. Methoden

In schichtbegleitenden Ganztagsversuchen wurden in einem Tiefkühlhaus die Auswirkungen der Kältearbeit bei -24°C auf Vitalparameter von zunächst 15 männlichen Arbeitspersonen (Apn) im Alter von 20-31 Jahren, später auch von älteren Apn, gemessen und beurteilt. Zusätzlich sollte in einer systematischen Befragung die sub-

ektiv erlebte Belastung und Beanspruchung ermittelt werden.

Dazu wurde ein Versuchslayout entwickelt, das es erlaubt, die durch die Arbeit in einem Tiefkühlager bei -24°C verursachten körperlichen Beanspruchungen zu analysieren. Den Beginn eines Versuchstages bildete eine Kreislauffunktionsprüfung zur Abschätzung der individuellen körperlichen Leistungsfähigkeit mittels eines PWC130-Tests und eine Kurzanamnese mit Angaben zum körperlichen und psychischen Befindenzustand der Probanden. Über die gesamte Arbeitszeit wurden mit verschiedenen Messsystemen zur Objektivierung der physischen Beanspruchung bei der Arbeit in Kälte, die arbeitsphysiologisch als wichtig erachteten Parameter „Herzfrequenz“ und „Hautoberflächentemperatur“ kontinuierlich sowie der Blutdruck und die Körperkerntemperatur diskontinuierlich alle 15 min registriert. Zudem wurde zur Kennzeichnung der Schwere der körperlichen Arbeit der Energieumsatz bestimmt. Entsprechend wurden die Probanden mit mobilen, technischen Geräten zur Erfassung dieser Parameter „instrumentalisiert“. Anschließend erfolgte die eigentliche Kommissioniertätigkeit im Tiefkühlhaus bei einer Expositionszeit von 80, 100 und 120 min, jeweils getrennt durch eine 20 min lange Aufwärmphase. Während der Arbeitsphasen musste eine bestimmte Anzahl vorbereiteter Paletten mit einem definierten Gesamtgewicht – abhängig von der Dauer der Arbeitsphase – kommissioniert werden. Dadurch konnte für jede Apn ein gleicher Arbeitsablauf hinsichtlich Belastungshöhe und Zeitverlauf vorgesehen werden.

3. Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse der Messungen der Tympanumtemperatur, die alle 15 min während der Arbeitsphasen und 15 min vor sowie 5 bzw. 15 min nach der jeweiligen Kälteexposition gemessen wurden, sind in Abbildung 1 dargestellt.

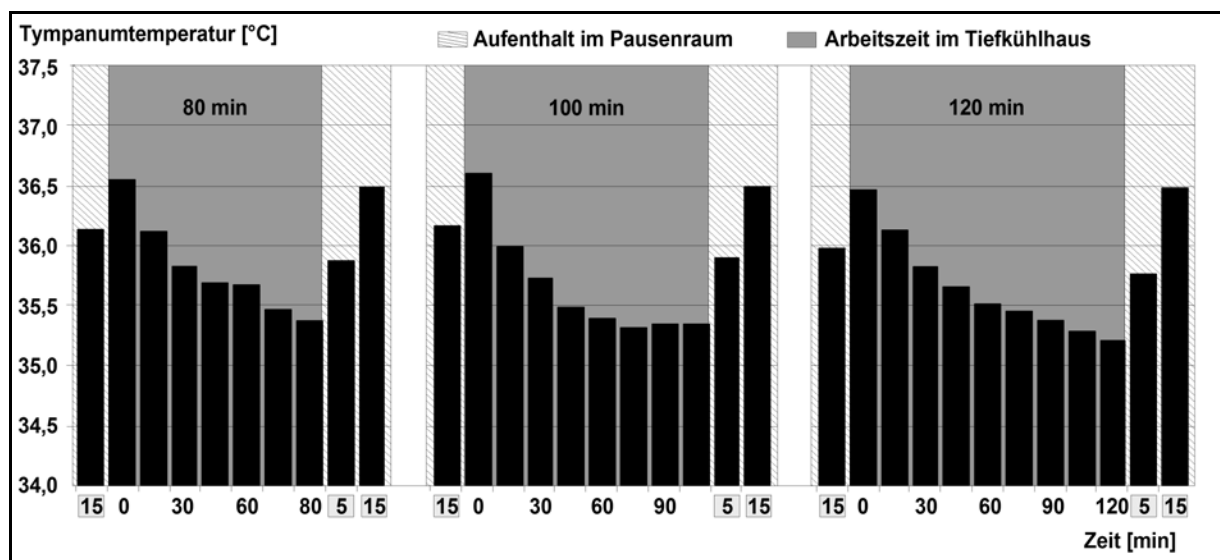


Abbildung 1: Tympanumtemperatur während der drei Arbeitsphasen und 15 min vor, sowie 5 bzw. 15 min nach der jeweiligen Kälteexposition. Mittelwerte über 15 Apn

Wie daraus hervorgeht, ergab sich in allen Arbeitsphasen im Mittel eine kontinuierliche Abnahme der Temperatur auf Werte um 35°C . In einigen wenigen Fällen sank die Tympanumtemperatur auf Werte um 34°C . Trotz der signifikanten Abnahmen zum Ende der Arbeitsphasen wurde erstaunlicherweise von keiner Apn über körperli-

che Beeinträchtigungen berichtet. Die am Trommelfell gemessene Temperatur ist nach Studien von Savourey & Bittel (1998) bzw. Brinnet & Cabanac (1998) um bis zu 2°K niedriger, als die im Rektum gemessene Körpertemperatur. Aus diesem Grund war in erster Linie die Temperaturdifferenz von Interesse. Die stärkste Abnahme um ca. 1,6°K wurde am Ende der längsten Arbeitsphase mit einer Dauer von 120 min ermittelt. Aus Abb. 1 geht zudem deutlich hervor, dass in den Aufwärmphasen ein „Temperaturdefizit“ um bis zu 0,8°K bestand, und somit das zu Beginn des Arbeitstages gemessene Ausgangsniveau von durchschnittlich 36,8°C nicht ganz erreicht wurde.

Abb. 2 zeigt, dass die Temperatur an der Nase stark auf die Aufenthalte im Tiefkühlbereich reagiert. Hier wurden durchschnittlich Abnahmen um bis zu 20°K auf Werte um 15°C ermittelt. Vor dem Hintergrund, dass bei einer Hautoberflächentemperatur von 17°C erste Kälteschmerzen auftreten, muss eine derartige Temperaturabnahme durchaus als bedeutsam betrachtet werden. In Einzelfällen sank die Temperatur an der Nase sogar auf ca. 7°C. Positiv war allerdings die deutliche und schnelle Wiedererwärmung in den Arbeitspausen. An den Händen wurden ebenfalls erhebliche Abnahmen der Hautoberflächentemperaturen um bis zu 10 °K ermittelt. Die Temperatur an den Fingerspitzen (vgl. obere Kurve in Abb. 2) verlief nahezu parallel zur Handtemperatur, lag aber während der Arbeitsphasen durchschnittlich um ca. 2-4°K darunter. Die stärkste Abkühlung der Fingerspitzen trat am Ende der 120 min langen Arbeitsphase mit Differenzen zum Ausgangswert um bis zu 14°K auf.

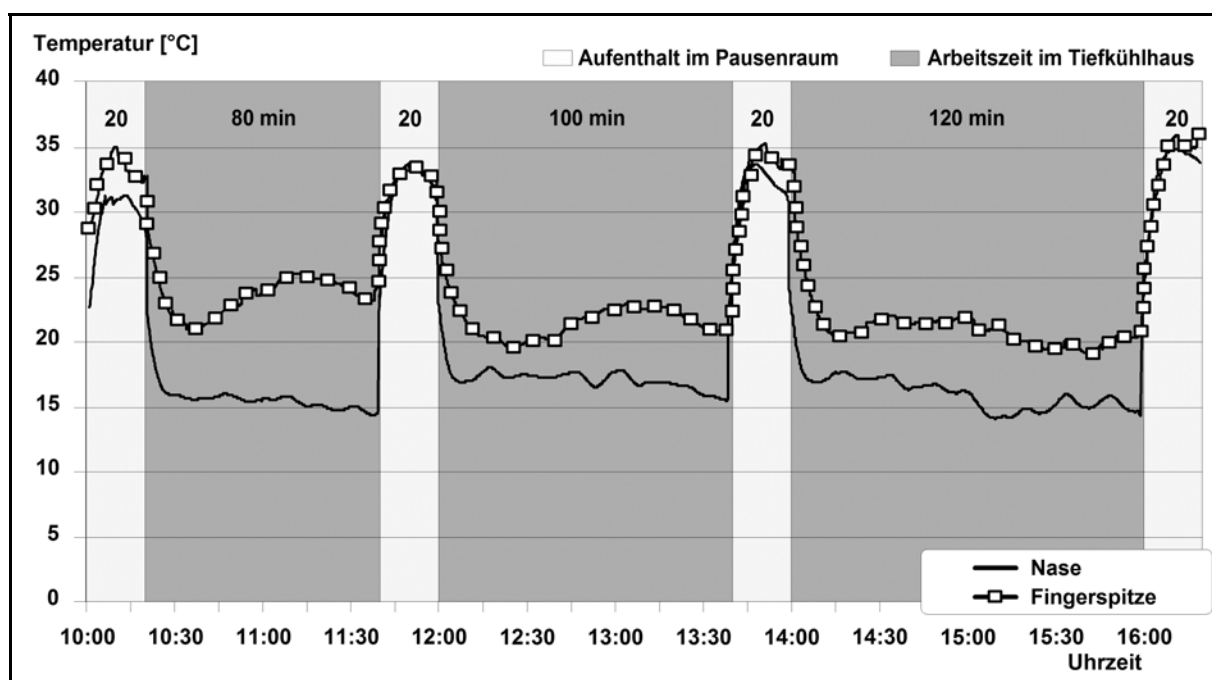


Abbildung 2: Verlauf der Hautoberflächentemperaturen an Nase und Fingerspitze während der drei Arbeitsphasen im Tiefkühlhaus bei -24°C. Mittelwerte über 15 Apr

Um auch das subjektive Erleben der Kälteexposition objektivieren zu können, wurde alle 15 min während der Arbeitsphasen sowie am Ende der Aufwärmphase das momentane Kälteempfinden der Aprn abgefragt (vgl. Strasser & Kluth 2006). Wie aus Abb. 3 hervorgeht, hatte ein Großteil der Probanden (nämlich 73%, 60% und 67%) spürbare Kälteempfindungen an Nase, Mund und Fingerspitzen. Diese wurden allerdings selbst am Expositionsende auf einer Skala von „0“ bis „4“ noch nicht als besonders unangenehm hoch eingestuft. Problematischer war jedoch das Kälteemp-

finden an den Händen. Ein Drittel der Befragten war davon betroffen, von denen einzelne sogar „unerträglich kalte“ Empfindungen hatten. Zudem verspürten 27% der Apn mit zunehmender Expositionsdauer unangenehme Empfindungen bis maximal „kalt“ (2,0) an den Zehen, die z.T. am Ende der Aufwärmphase noch nicht abgeklungen waren. Somit gingen einzelne Probanden ziemlich vorbelastet in die nächste Arbeitsphase.

Die auszugsweise hier vorgestellten Ergebnisse der umfangreichen Untersuchungen (vgl. Penzkofer et al. 2008 und Kluth et al. 2008) zeigen, dass moderne Schutzkleidung die Kältebeanspruchung zwar nicht völlig kompensieren kann, aber doch weitgehend in Grenzen zu halten vermag. Die physische Belastung der Kommissioniertätigkeit ist dabei auf jeden Fall hilfreich, wenn sie sich innerhalb der körperlichen Leistungsfähigkeit der Apn bewegt.

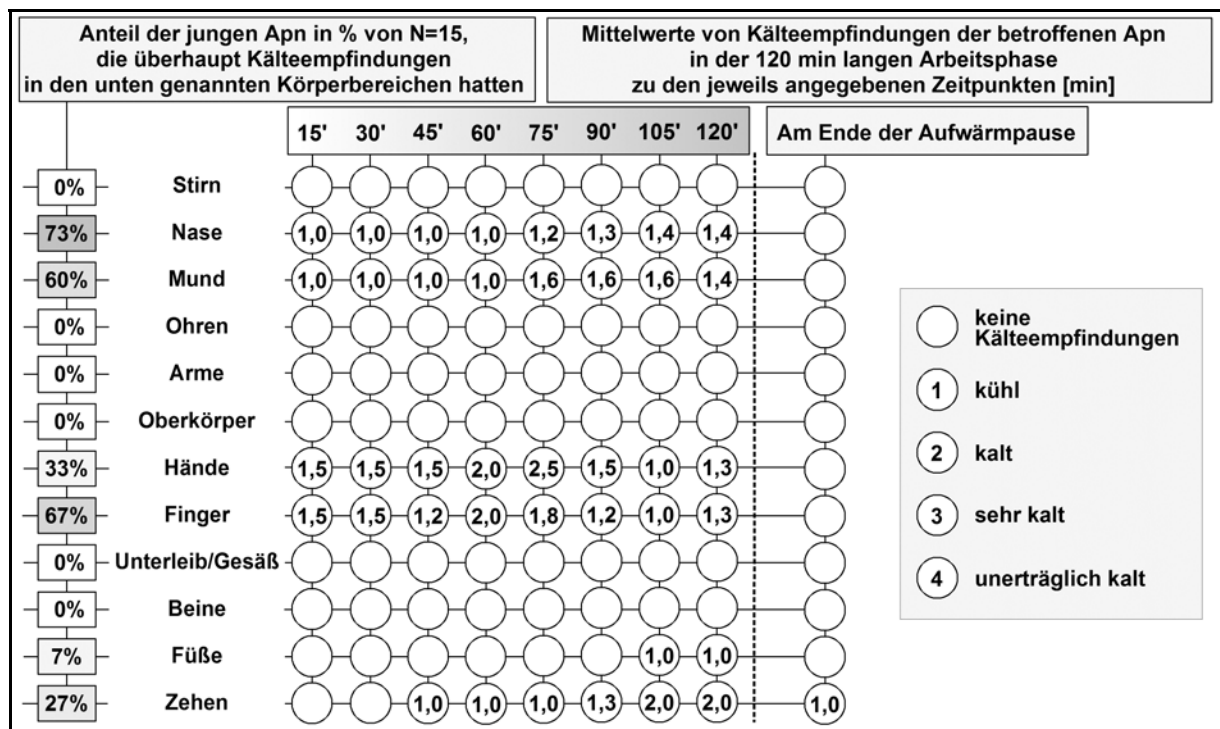


Abbildung 3: Verlauf der Kälteempfindungen in verschiedenen Körperteilen über einen Zeitraum von 120 min Arbeit bei -24°C und einer anschließenden Aufwärmphase mit einer Dauer von 20 min. Dargestellt sind die Mittelwerte auf einer Skala von „0“ (keine negativen Empfindungen) bis „4“ (unerträglich kalt) derjenigen Arbeitspersonen (Apn), die überhaupt Kälteempfindungen hatten

4. Literatur

1. Brinnel, H. & Cabanac, M. 1998, Tympanic Temperature is a Core Temperature in humans, *Journal of Thermal Biology*, 14, 47-53.
2. Griefahn, B. 1995, Arbeit in mäßiger Kälte, Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz Forschung- Fb 716. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW.
3. Kluth, K., Penzkofer, M. & Strasser, H. 2008, Altersdifferenzierte Analyse und Beurteilung der Auswirkungen von Kältearbeit auf die Hautoberflächen- und Körperkern-Temperatur männlicher Kommissionierer. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg.), Produkt- und Produktionsergonomie – Aufgabe für Entwickler und Planer. Dortmund: GfA Press, 235-238.

4. Penzkofer, M., Kluth, K. & Strasser, H. 2008, Beanspruchungsreaktionen männlicher Arbeitspersonen auf Kälteexpositionen von +3°C und -24°C bei Kommissionierarbeit. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg.), Produkt- und Produktionsergonomie – Aufgabe für Entwickler und Planer. Dortmund: GfA Press, 781-786.
5. Savourey, G. & Bittel, J. 1998, Thermoregulatory Changes in the Cold Induced by Physical Training in Humans, *European Journal of Applied Physiology*, 78, 379-384.
6. Strasser, H. & Kluth, K. 2006, Subjektives Kälteempfinden von Tiefkühlhaus-Kommissionierern und physiologische Reaktionen in der Körperkern- und Fußsohlentemperatur auf Kälteexposition von -24°C. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg.), Innovationen für Arbeit und Organisation. Dortmund: GfA Press, 597-603

Mit Unterstützung der Deutschen Forschungsgemeinschaft (Projekt-Nr. DFG STR 392/5-1)

Kontrastempfindlichkeit bei Patienten mit Diabetes mellitus und arterieller Hypertonie

Anja SCHLOßMACHER und Irina BÖCKELMANN

*Institut für Arbeitsmedizin, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg,
Leipziger Str. 44, D-39120 Magdeburg*

Kurzfassung: Kontrastempfindungsstörungen können Ausdruck retinaler Schädigung bei verschiedenen Erkrankungen sein. 82 Patienten, die an Diabetes mellitus, arterieller Hypertonie oder beidem erkrankt sind, und Kontrollen (Stoffwechselgesunde) wurden in die Studie einbezogen. Unter standardisierten Bedingungen wurde die Kontrastempfindlichkeit (KE) mittels Vistech-Tafel untersucht. Signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen ergaben sich bei der Messung der KE für die mittleren und höheren Ortsfrequenzen.

Schlüsselwörter: Kontrastempfindlichkeit, Diabetes mellitus, arterielle Hypertonie.

1. Einleitung

Der Sehapparat wird in der sich wandelnden Arbeitswelt zunehmend gefordert, so dass eine intakte Kontrastwahrnehmung für den Betroffenen immer wichtiger wird. Dies gilt insbesondere für Tätigkeiten, bei denen die Wahrnehmung kleiner Kontrastunterschiede bedeutsam ist, wie z. B. bei Steuer- und Überwachungsaufgaben, im Verkehrswesen oder im graphischen Sektor. Um die Sehleistung von Arbeitnehmern zu beurteilen, prüft der Betriebsarzt gewöhnlich den Visus. Dabei wird das Sehvermögen anhand der Fähigkeit bestimmt, kontrastreiche Objekte abnehmender Größe zu erkennen. Das Sehvermögen kann aber auch ermittelt werden, indem man Objekte konstanter Größe darbietet und misst, wie hoch der niedrigste Kontrast ist, bei dem sie noch erkannt werden. Eine hohe Sehleistung wird diagnostiziert, wenn die Objekte bei sehr geringem Kontrast noch wahrgenommen werden.

Internationale Studien haben gezeigt, dass Kontrastempfindungsstörungen Ausdruck retinaler Schädigung bei Diabetes mellitus und/oder arterieller Hypertonie sein können. Die Visusprüfung allein ist nicht in der Lage, ausreichend Informationen über das foveale Sehen zu erfassen. Dahingegen können Tests zur Beurteilung der Kontrastempfindlichkeit mit höherer Sensitivität Hinweise auf bereits bestehende Schäden an der Netzhaut geben.

2. Methode

In Zusammenarbeit mit zwei Arztpraxen wurden Patienten, die an Diabetes mellitus, arterieller Hypertonie oder beidem erkrankt sind, in die Untersuchung einbezogen. Diese wurden einer Kontrollgruppe Stoffwechselgesunder gegenübergestellt. Insgesamt nahmen bisher 82 Patienten im Alter von 18 bis 65 Jahren teil.

Ausschlusskriterien waren Visuswerte kleiner 0,67, Glaukom und Katarakt, Rauchen von mehr als 20 Stk./d, Alkoholkonsum über 40 g/d sowie Drogenkonsum. Neben diesen soziodemographischen Faktoren zählten medikamentöse Confounder

wie Digitalis und Antibiotika sowie Lösungsmittelexposition, die erwiesenermaßen das Sehvermögen beeinträchtigen können, zu den Ausschlusskriterien.

Unter standardisierten Bedingungen wurde die Kontrastempfindlichkeit (KE) mittels Vistech-Tafel (Vistech Consultants, Inc., Dayton, USA) untersucht (Abbildung 1). Die Messwerte wurden monokular im Abstand von 3 m und bei einer Beleuchtungsstärke von 100 cd/m² erhoben.

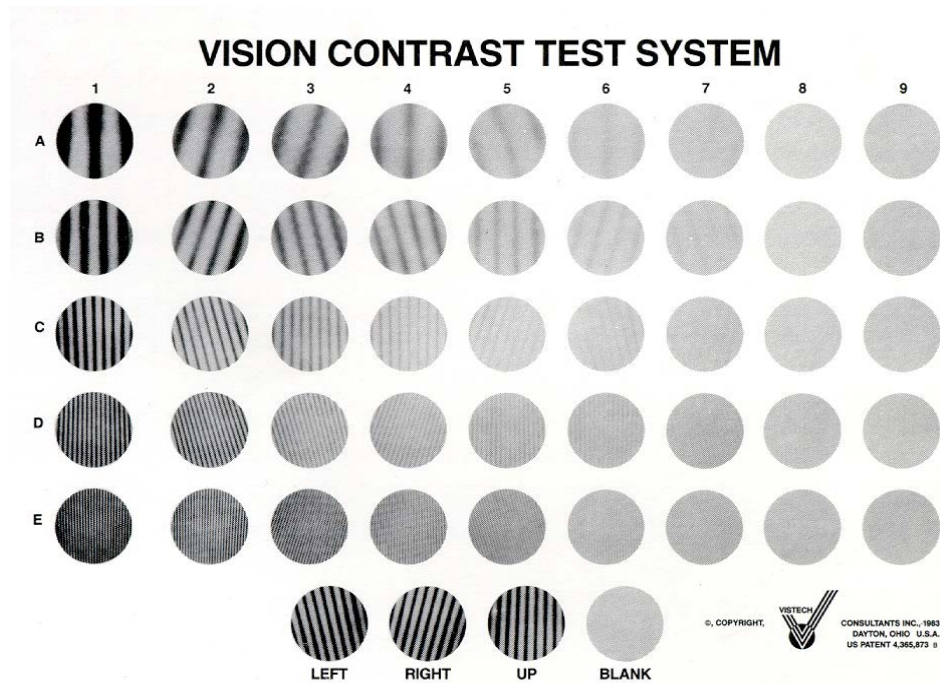


Abbildung 1: Die Vistech-Tafel

Die Kontrastempfindlichkeit $KE = 1/KS$ wird als Reziprokwert des Schwellenkontrastes KS definiert. Der Schwellenkontrast beträgt:

$$KS = \frac{L_1 - L_2}{L_1 + L_2},$$

wobei L_1 die Leuchtdichte des Objekts und L_2 die der Umgebung sind.

3. Ergebnisse

Mit der ANOVA-Analyse wurden die drei Patientengruppen Hypertoniker (H), Diabetiker mit Hypertonus (H/DM), Diabetiker (DM) mit der Kontrollgruppe (K) verglichen. Da das Alter der Kontrollgruppe signifikant unterschiedlich zu den restlichen Gruppen war, sollte eine altersgematchte Analyse der Daten diskutiert werden, da sich mit fortschreitendem Alter die KE verringert. Weibliche und männliche Probanden waren in den vier Gruppen etwa gleichverteilt (Abbildung 2).

Signifikante Unterschiede ergaben sich bei der Messung der Kontrastempfindlichkeit für die mittleren und höheren Ortsfrequenzen (OF= Anzahl der Hell-Dunkel-Perioden pro Winkelgrad [cpd]). Die stärkste Differenzierung ließ sich bei der OF von 6 cpd (rechtes Auge) zwischen den einzelnen Gruppen ausmachen (Abbildung 3).

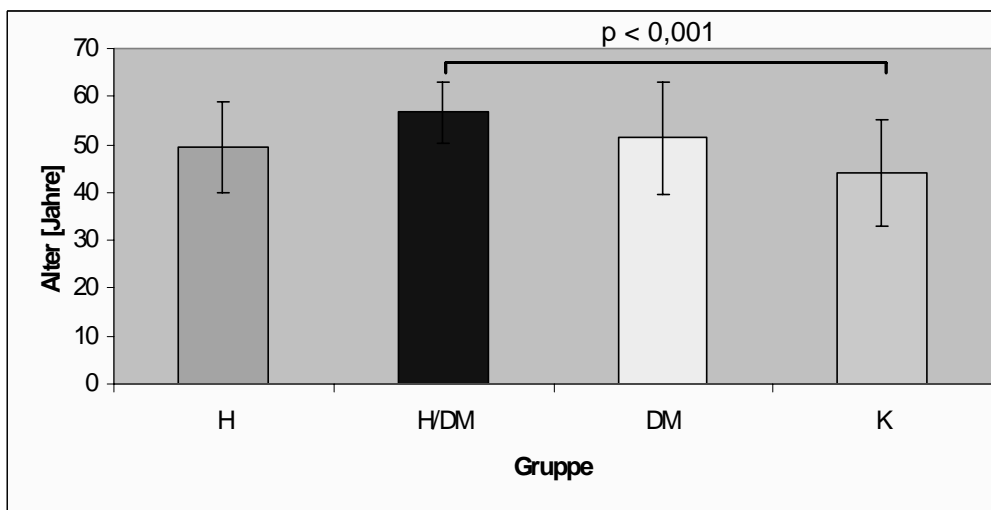


Abbildung 2: Alter der Patientengruppen im Vergleich

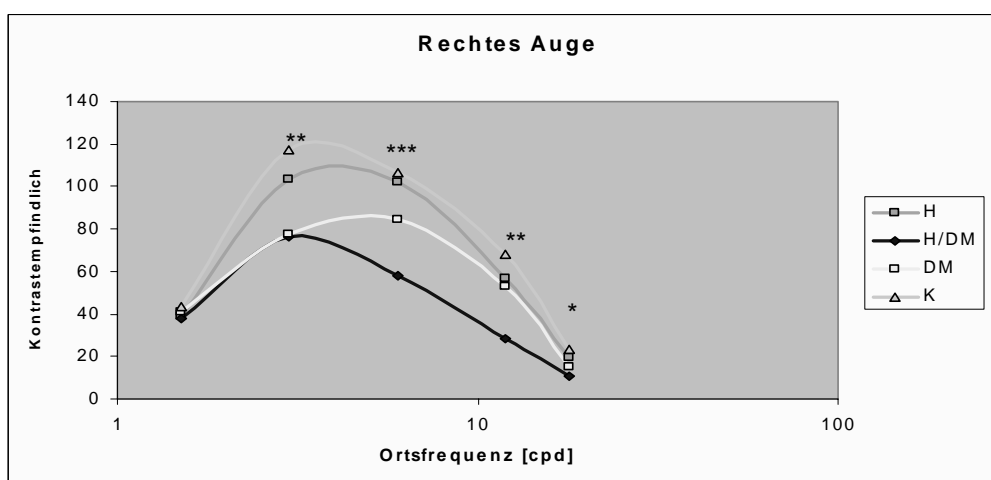


Abbildung 3: Logarithmische Darstellung der KE mit Signifikanzniveaus

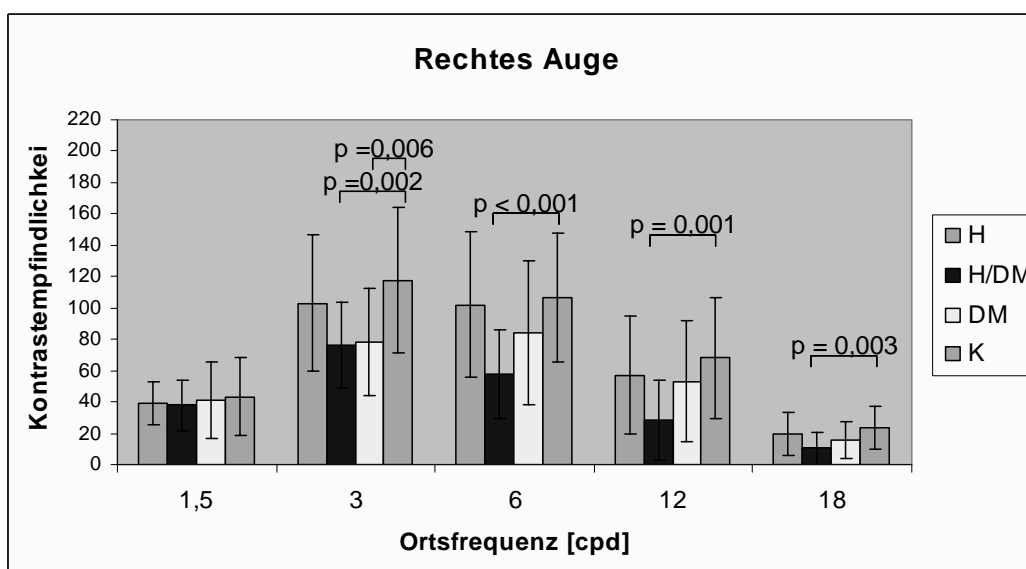


Abbildung 4: Kontrastempfindlichkeit, bezogen auf unterschiedliche Ortsfrequenzen im Gruppenvergleich

Im nachfolgenden Dunnett-Test ergab der Vergleich signifikante Unterschiede bei H/DM ($p = 0,002$) und DM ($p = 0,006$) zur K-Gruppe (Abbildung 4).

Die Auswertung des Normalskaladiagramms mit dem Chi-Quadrat-Test konnte zeigen, dass auch hier die Gruppe der Diabetiker sowie die der Hypertoniker mit Diabetes deutlich schlechter abschnitten als die Kontrollgruppe (Abbildung 5).

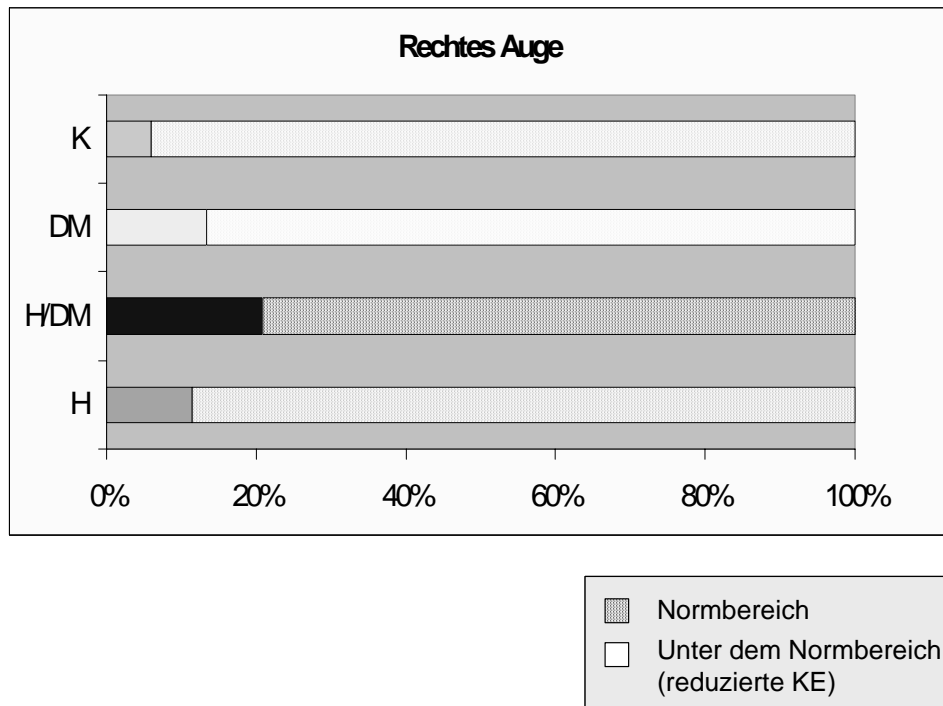


Abbildung 5: Anteil normgerechter KE im Vergleich der Gruppen

4. Schlussfolgerungen

Diabetes mellitus und arterielle Hypertonie nehmen im Zeitalter des metabolischen Syndroms einen immer höheren demographischen Stellenwert ein. So sollte gezielt ein Augenmerk auf diese Patientengruppen auch im arbeitsfähigen Alter gelegt werden. Wichtig erscheint im arbeitsmedizinischen Kontext die Früherkennung einer retinalen Minderperfusion. Durch gezielte Untersuchungen der KE kann einerseits die irreversible neuronale Schädigung mittels therapeutischer Intervention verzögert werden. Andererseits können Maßnahmen aus der verringerten Sehfähigkeit, z. B. bei Berufskraftfahrern, ergriffen werden. Die KE-Prüfung ist eine zeitsparende und sensitive Messmethode (Paliaga 1993), die als Bestandteil in die regelmäßigen arbeitsmedizinischen Vorsorgeuntersuchung bei Arbeitnehmern mit diesen Erkrankungen eingehen sollte.

5. Literatur

1. Paliaga, G.P. 1993, Die Bestimmung der Sehschärfe. München: Quintessenz.

Methodik zur Untersuchung des Einflusses eines neu entwickelten Musikerstuhls auf die Sitzbelastung von Musikern

Christiane APPEL¹, Johannes PLATH² und Regina STOLL¹

¹ *Institut für Präventivmedizin, Universität Rostock,
St.-Georg-Str. 108, D-18055 Rostock*

² *Hochschule für Musik und Theater Rostock,
Beim St.-Katharinenstift 8, D-18055 Rostock*

Kurzfassung: Verschiedene Studien haben gezeigt, dass Beschwerden des Bewegungsapparates bei Musikern häufig vorkommen. Die Hochschule für Musik und Theater in Rostock beteiligt sich an der Entwicklung eines Musikerstuhls, der Beschwerden im Bereich der Wirbelsäule vorbeugen soll. Im Rahmen der Untersuchung soll herausgefunden werden, wie die Sitzqualität und die ergonomische Belastung des Musikers durch den neu entwickelten Musikerstuhl beeinflusst werden. Um einen Vergleich zu ermöglichen, werden auch die herkömmlichen Stühle untersucht. Die Untersuchung wurde an einer Gruppe von 19 Probanden durchgeführt. Die Probanden waren Studenten der Fächer Violine und Viola an der Hochschule für Musik und Theater in Rostock. Zunächst wurden die subjektiven Ansprüche der Stuhlanwender in Form eines Fragebogens erfasst und vergleichbar gemacht. Zur Objektivierung der ergonomischen Beanspruchung erfolgte eine Messung der Lastwechsel des Musikers bezogen auf die Zeit, um einen Rückschluss auf die Sitzdynamik ziehen zu können. Zur Registrierung der Lastwechsel pro Zeit sowie der Druckverteilung unter den Sitzbeinhöckern wurde eine Druckmessplatte auf der Sitzfläche der Stühle angebracht. Parallel zur Druckmessung wurde eine Videoaufnahme gemacht. Von den untersuchten Probanden gaben 69,2% bereits bestehende spielbedingte Beschwerden an. Als Gründe für die Entstehung dieser Beschwerden wurden hauptsächlich falsche Haltung, unzulängliche Sitzgelegenheiten sowie Verkrampfung und Anspannung während des Spielens angegeben. Die subjektive Bewertung der Stühle im Rahmen der Fragebögen ergab, dass die Lehne und die Höhe des neu entwickelten Stuhls positiv bewertet wurden. In Bezug auf die Bequemlichkeit schnitt der herkömmliche Stuhl besser ab. Die Auswertung der Druckmessung soll eine Ermittlung der Lastwechsel pro Zeit und so einen Rückschluss auf die Sitzdynamik ermöglichen. Anhand der Druckmessungen bei spontanem Setzen auf die Stühle lässt sich erkennen, dass beim herkömmlichen Stuhl die größte Last auf dem Steißbein liegt, während beim neu entwickelten Stuhl die Last auf die beiden Sitzbeinhöcker verteilt wird.

Schlüsselwörter: Musikermedizin, Sitzbelastung, Musikerstuhl, Sitzdynamik.

1. Einleitung

Verschiedene Studien haben gezeigt, dass Beschwerden des Bewegungsapparates bei Musikern häufig vorkommen. Zaza ermittelte in einer Studie im Jahr 1998 eine Punktprävalenz von 47 % für spielbezogene Beschwerden des Bewegungsapparates bei professionellen Musikern im Erwachsenenalter (Zaza 1998). Seidel fand 1999 bei der Befragung von Musikstudenten und Orchestermusikern heraus, dass 57 % der Befragten unter Beschwerden im Nacken- und Rückenbereich litten (Seidel et al. 1999). Weitere Studien haben ergeben, dass besonders häufig Beschwerden bei Streichern auftreten (Fishbein et al. 1988; Blum et al. 1995).

Die Hochschule für Musik und Theater (HMT) in Rostock beteiligt sich an der Entwicklung eines Musikerstuhls mit dem Ziel, spielbezogenen Beschwerden des Bewegungsapparates präventiv zu begegnen. Es soll herausgefunden werden, wie die Sitzqualität und die ergonomische Belastung des Musikers durch einen neu entwickelten Musikerstuhl beeinflusst werden. Um einen Vergleich zu ermöglichen, werden auch die herkömmlichen Stühle in die Untersuchung einbezogen.

2. Methode

Die Untersuchung wurde im Juni 2007 während der Proben für ein Orchesterkonzert, also mitten im Arbeitsalltag der Musiker, an einer Gruppe von 19 Probanden durchgeführt. Diese unterziehen sich als Studenten an der HMT Rostock der künstlerischen Ausbildung in den Fächern Violine oder Viola.

Die Stühle unterscheiden sich in verschiedenen Gesichtspunkten voneinander. Beim herkömmlichen Stuhl sind Sitzfläche und Lehne gepolstert, während beim neu entwickelten Stuhl weder eine Polsterung der Sitzfläche noch der Lehne vorliegt. Beim herkömmlichen Stuhl ist die Lehne im Winkel von ca. 10° beweglich, wobei sie jedoch nicht fixiert werden kann. Die Lehne des neu entwickelten Stuhles ist in einem festen Winkel zur Sitzfläche angebracht. Des weiteren steht der neu entwickelte Stuhl in zwei verschiedenen Höhen zur Verfügung, während der herkömmlich nur in einer Höhe genutzt werden kann. Beim herkömmlichen Stuhl ist die Sitzfläche horizontal ausgerichtet. Der neu entwickelte Stuhl weist eine Sitzflächenneigung von ca. 15° nach vorn auf.

2.1 Teil1 – Fragebögen

Zunächst wurden die subjektiven Bewertungen der Stühle durch die Musiker in Form eines Fragebogens erfasst und vergleichbar gemacht.

Der Inhalte des Fragebogens umfasste zunächst einen allgemeinen Teil, in dem zu Aussagen über die Akzeptanz von Unbequemlichkeit, wenn sie der Gesundheitserhaltung dient und dem Zusammenhang zwischen Sitzmöbel und musikalischem Ergebnis Stellung genommen werden sollte. Außerdem wurden die Probanden aufgefordert, anzugeben, ob sie bereits unter spielbezogenen Beschwerden gelitten haben oder aktuell darunter leiden. Wenn das der Fall war, sollten sie angeben, worauf sie die Entstehung dieser Beschwerden zurückführen.

Weiterhin sollten die Probanden im Rahmen des Fragebogens den herkömmlichen und den neu entwickelten Musikerstuhl beurteilen. Sie sollten eine Bewertung der Bequemlichkeit, der Höhe, des Materials und der Lehne vornehmen. Außerdem sollten sie angeben, wie sie die Auswirkung des jeweiligen Stuhles auf das Musizie-

ren einschätzen.

2.2 Teil 2 – Druckmessung

Zur Objektivierung der ergonomischen Beanspruchung erfolgte eine Messung der Lastwechsel des Musikers bezogen auf die Zeit, um einen Rückschluss auf die Sitzdynamik ziehen zu können. Dazu wurde jeweils eine Druckmessplatte der Maße 30cm x 30cm auf der Sitzfläche der Stühle angebracht. Die Messwerte wurden per Funk an einen PC übertragen. Parallel zur Druckmessung wurde eine Videoaufzeichnung gemacht. Es wurden pro Proband und Stuhl 3 Messungen und Aufnahmen von je 15 Minuten Dauer gemacht.

3. Ergebnisse

3.1 Teil 1 – Fragebögen

Von den untersuchten Probanden gaben 69% bereits bestehende spielbedingte Beschwerden an.

Von diesen Probanden wurden verschiedene Gründe für die Entstehung dieser Beschwerden angegeben. 33% derjenigen, die gesundheitliche Probleme angaben, führen die Entstehung ihrer Beschwerden auf eine falsche Haltung zurück. 28% von ihnen sehen den Grund für die Entwicklung der Beschwerden in unzureichenden Sitzgelegenheiten beim Spielen und weitere 28% gaben an, während des Spielens Verkrampfungen und Anspannung zu spüren, wodurch die Beschwerden entstanden sein sollen.

Abbildung 1 zeigt die subjektive Bewertung des herkömmlichen und des neu entwickelten Musikerstuhles durch die Probanden.

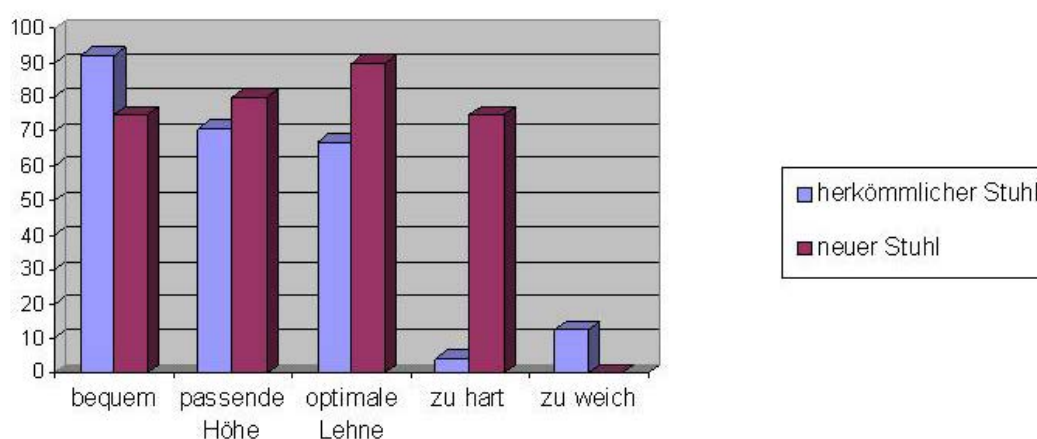


Abbildung 1: Subjektive Bewertung des herkömmlichen und des neu entwickelten Musikerstuhls

3.2 Teil 2 – Druckmessung

Die Messung der Druckverteilungen auf der Sitzfläche über den Zeitraum von 15 Minuten pro Messung sollen die Ermittlung der Lastwechsel pro Zeit ermöglichen. Diese wiederum sollen den Rückschluss auf die Sitzdynamik und somit eine Bewertung der Stühle erlauben. Abbildung 2 zeigt die Druckverteilung bei spontanem Set-

zen auf die Stühle. Es wird deutlich, dass bei dem herkömmlichen Stuhl (links) die Hauptlast auf dem Steißbein liegt. Bei dem neu entwickelten Stuhl verteilt sich das Gewicht auf die Sitzbeinhöcker. Eine genaue Datenanalyse soll nach Abschluss der Studie erfolgen.

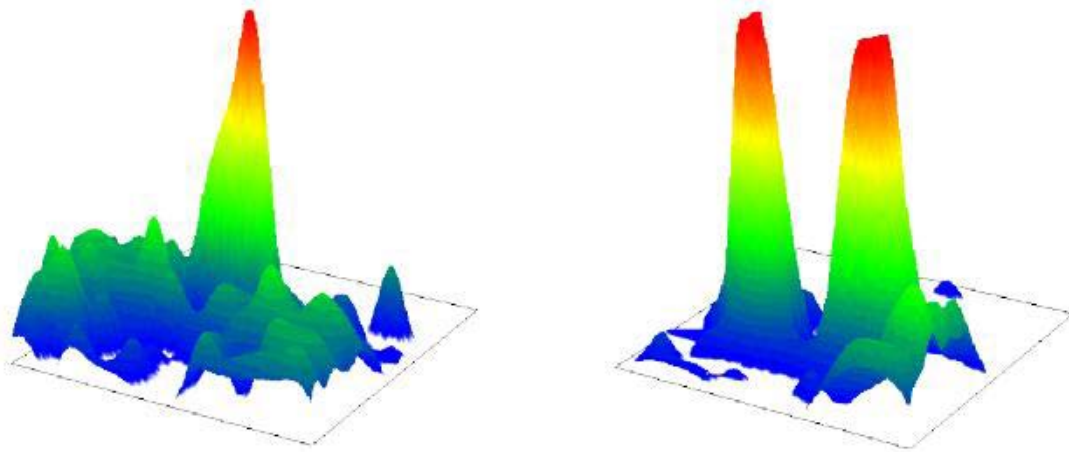


Abbildung 2: Druckverteilung auf dem herkömmlichen (links) und dem neu entwickelten Musikerstuhl (rechts)

4. Diskussion

Optimal wäre eine individuelle Anpassung des Stuhles an die Bedürfnisse jedes einzelnen Musikers. Dem sind jedoch sowohl ökonomisch als auch organisatorisch erhebliche Grenzen gesetzt, sodass ein Stuhl entwickelt werden soll, der die Belastungen vieler Musiker möglichst weit reduziert.

5. Literatur

1. Blum, J., Wetz, B., Brevig, P. & Norris, R.N. 1995, Instrumente und ihre Besonderheiten hinsichtlich möglicher Erkrankungen. In: J. Blum (Hrsg.), Medizinische Probleme bei Musikern. Stuttgart: Thieme, 59-101.
2. Fishbein, M., Middlestadt, S., Ottati, V., Straus, S. & Ellis, A. 1988, Medical problems among ICSOM musicians: Overview of a national survey, Medical Problems of Performing Artists, 3, 1-8.
3. Seidel, E.J., Höpfner, R. & Lange, E. 1999, Vergleichende Studie zu klinisch relevanten Belastungsfaktoren und Belastungskomplexen bei Musikstudenten und Berufsmusikern, Musikphysiologie und Musikermedizin, 6, 115-119.
4. Zaza, C. 1998, Playing-related musculoskeletal disorders in musicians: a systemic review of incidence and prevalence, Canadian Medical Association Journal, 158, 1020-1025.

Mobile Augmented Reality in industriellen Anwendungen: Nutzerzentrierte Fragestellungen und Ansätze für deren Lösung

Johannes TÜMLER¹, Rüdiger MECKE¹, Fabian DOIL² und Georg PAUL³

¹ *Fraunhofer IFF Magdeburg, Sandtorstraße 22, D-39106 Magdeburg*

² *Volkswagen AG, Konzernforschung, Postbox 1511, D- 38436 Wolfsburg*

³ *Institut für Technische und Betriebliche Informationssysteme,
Otto-von-Guericke Universität Magdeburg,
Universitätsplatz 2, D-39106 Magdeburg*

Kurzfassung: Durch die mobile „Augmented Reality“ werden Informationen situationsgerecht in Abhängigkeit von Raum und Zeit mittels geeigneter mobiler Anzeigegeräte im Sichtfeld eines Anwenders dargestellt. Obwohl diese Technologie hohes Potenzial für die Optimierung industrieller Prozesse bereitstellt, sind bisher kaum Anwendungen bekannt, die die mobile AR produktiv einsetzen und ihre Vorteile nutzen. Dieser Beitrag zeigt zum einen, dass nutzerzentrierte Faktoren besonderer Aufmerksamkeit bedürfen, um die Technologie zur Einsatzreife zu bringen und stellt zum anderen Möglichkeiten zur Bearbeitung einiger wichtiger Fragestellungen vor.

Schlüsselwörter: Augmented Reality, Mensch-Maschine-Interaktion, interdisziplinär, nutzerzentriert.

1. Einleitung

In der industriellen Fertigung spielt die Bereitstellung und Verarbeitung von Informationen eine wesentliche Rolle. Arbeitsschritte müssen beschrieben, Hinweise auf räumliche Positionen von Bauteilen oder Montageorten fehlerfrei dem Werker verständlich gemacht und Warnhinweise sofort erkannt und korrekt interpretiert werden. Bei der Lösung dieser Aufgaben helfen modernste Computertechnologien in allen Facetten (Hard- und Software), die allgemein unter den Begriffen „Ubiquitous Computing“ oder „Pervasive Computing“ bekannt sind. Techniken der Virtual und Augmented Reality (VR und AR) reihen sich hier nahtlos ein. Insbesondere die AR-Technologie stellt deswegen seit einigen Jahren für Deutschland einen Forschungsschwerpunkt dar. Durch die AR werden Informationen situationsgerecht im Sichtfeld eines Anwenders zum Beispiel per Kopf getragendem Anzeigegerät (Head Mounted Display, HMD) dargestellt (Abbildung 1). Bisherige Untersuchungen konnten das hohe Potenzial der Technologie nachweisen (Friedrich 2004), zeigten jedoch auch offene Fragestellungen vor allem hinsichtlich nutzerbezogener Faktoren auf (Tang et al. 2003).

So ist bis heute nicht eindeutig belegt, durch welche Art der Einblendungen Werker in verschiedenen industriellen Prozessen effektiv unterstützt und wie mögliche Beanspruchungen des Werkers, die durch den Langzeiteinsatz der AR-Technologie entstehen, reduziert oder verhindert werden können (Fritzsche 2006).

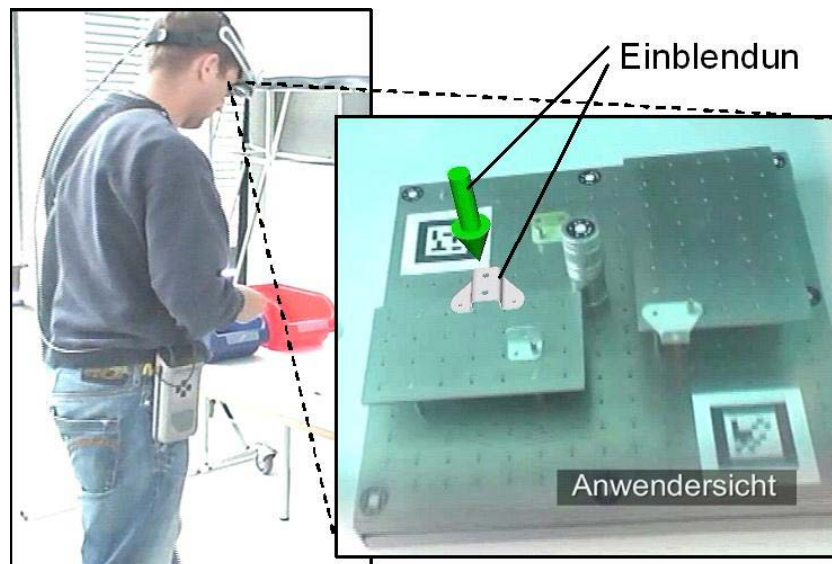


Abbildung 1: *Werker bekommt Montageanweisung (Pfeil und virtuelle Bauteilposition) mittels eines HMDs in sein Sichtfeld eingeblendet*

Dieser Beitrag präsentiert den aktuellen Stand eines Forschungsvorhabens, durch welches in einem interdisziplinären Team aus Psychologen, Medizinern, Ingenieuren und Informatikern Untersuchungen hinsichtlich nutzerzentrierter (d.h. der Anwender ist ein zentrales Element des Gesamtsystems, welches auf ihn zugeschnitten ist) Fragestellungen des Langzeiteinsatzes mobiler AR-Technologien bearbeitet werden.

2. Referenzarbeitsplatz und Methodik für Langzeituntersuchungen

Eine Literaturrecherche über mehr als 1100 Veröffentlichungen der weltweit bedeutendsten Konferenzen zu VR und AR machte deutlich (Swan & Gabbard 2005), dass bislang nur wenige Publikationen auf Aspekte der Mensch-Maschine-Interaktion (MMI) eingingen oder nutzerbasierte Experimente beschrieben (Tabelle 1). Gerade der ungenügende Forschungsstand zu diesen Aspekten ist es jedoch, der bisher den industriellen Einsatz der Technologie verhindert (Ullmann 2006).

Tabelle 1: *Veröffentlichungen zu AR und VR und die Einbeziehung nutzerbezogener Aspekte (Swan & Gabbard 2005)*

Tagung	Jahre	Anzahl aller Veröffentlichungen	AR-bezogene Publikationen	MMI-bezogene Publikationen	nutzerbasierte Experimente
ISMAR	1998-2004	181	181	14	9
ISWC	1997-2004	170	28	12	5
IEEE Virtual Reality	1995-2004	301	24	3	3
Presence	1992-2004	452	33	9	4
Insgesamt		1104	266	38	21

Bevor in ausgewählten industriellen Umgebungen Feldversuche durchgeführt werden, müssen geeignete Laboruntersuchungen stattfinden. Es wurde daher ein Konzept entwickelt, durch welches nutzerzentrierte Fragestellungen bearbeitet werden können. Am Fraunhofer IFF wurde hierfür ein Referenzarbeitsplatz entworfen (Tümler & Mecke 2006), welcher für die angestrebten Langzeituntersuchungen ein-

gesetzt wird: Unter reproduzierbaren Bedingungen können hier verschiedene AR-Geräte, Methoden und Technologien im Langzeiteinsatz (bis zu 4 Stunden kontinuierliche Nutzungsdauer) untersucht, verglichen und erweitert werden.

Die Gestaltung des Arbeitsplatzes orientierte sich an einem industriellen Kommissioniersystem, bei welchem die Kommissionierer auftragsbezogene Teile aus einem Lager entnehmen und in einem Warenkorb zusammenstellen (Abbildung 2). Eine Optimierung der Kommissionierung ist nicht das primäre Ziel der Untersuchungen. Dieses Szenario wurde u.a. deshalb gewählt, da hierbei das Arbeitsergebnis sehr gut quantifiziert werden kann (Anzahl richtig/falsch entnommener Teile, Arbeitsschrittdauer). Als Assistenzsysteme können beliebige AR-Systeme eingebunden werden, um verschiedene Methoden und Geräte im Langzeiteinsatz zu evaluieren.



Abbildung 2: Proband beim Kommissionieren im Referenzarbeitsbereich des Fraunhofer IFF

Da sich für die AR die Herzratenvariabilität (HRV) als ein probates Mittel zur Erkennung medizinischer Probleme erwiesen hat (Oehme et al. 2002), wurde die Integration von EKG-Messtechnik des Instituts für Arbeitsmedizin (IAM) der Otto-von-Guericke Universität Magdeburg in den am Fraunhofer IFF bestehenden Referenzarbeitsplatz erprobt. Zukünftig sollen so verschiedene Geräte, Darstellungsmethoden und Interaktionsmetaphern hinsichtlich Ihrer Auswirkungen auf die Aktivierung der Probanden im Langzeiteinsatz untersucht werden.

Zusätzlich finden in Zusammenarbeit mit der Bauhaus Universität Weimar Untersuchungen zur Informationswahrnehmung beim Einsatz eines HMD statt. Hierfür wurde ein Head Mounted Display physisch mit einer Blickbewegungsregistrierung verbunden und in einer ersten Untersuchung Fixationspunkte sowie Fixationsdauer bei der Wahrnehmung per HMD und per Monitor verglichen. Ziel ist es, Darstellungen im HMD so zu gestalten, dass die Nutzer sie effektiv bei möglichst geringer Beanspruchung wahrnehmen können.

3. Erste Ergebnisse

In einer ersten stichprobenartigen Untersuchung mit acht Probanden konnte festgestellt werden, dass analog zu Erkenntnissen anderer Arbeiten (z.B. Fritzsche 2006) bei einigen der Probanden bereits nach 30 Minuten Befindlichkeitsänderungen erkennbar waren. Diese Personen gaben zum Beispiel an, dass die Konzentration

nachlässt. Zusätzlich wurden den Probanden Fragen zu ergonomischen Gesichtspunkten der Hard- und Software gestellt. Daraus wurde ersichtlich, dass dringender FuE-Bedarf auf miteinander verknüpften Gebieten besteht: Das Feedback der Probanden betraf die ergonomische Gestaltung der Hardware, die Gestaltung der Software-Benutzungsschnittstelle aber auch die Prozessabläufe im Gesamtsystem.

Diese stichprobenbasierten Befunde weisen darauf hin, dass hier ein deutliches Verbesserungspotenzial besteht. Hier gilt es anzusetzen und gesicherte Daten mit einer größeren Personenzahl und verschiedenen Geräten über einen längeren Zeitraum zu erheben, um statistisch gesicherte Aussagen zu bekommen. Darüber hinaus sollen durch die Zusammenarbeit mit Medizinern und Psychologen Ursachen dieser Befindlichkeitsänderungen aufgespürt und Möglichkeiten, zu deren Reduzierung bzw. Vermeidung untersucht werden.

Aktuell werden deshalb grundlegende Fragestellungen zur Wahrnehmung visueller Informationen sowie zur Einbeziehung der HRV in der Versuchsauswertung bearbeitet.

4. Diskussion

Grundlegende Fragestellungen zu nutzerzentrierten Faktoren sind heute für die mobile Augmented Reality von besonderer Bedeutung. Durch den Einsatz des hier beschriebenen Referenzarbeitsplatzes und der Einbeziehung arbeitsmedizinischer und wahrnehmungspsychologischer Untersuchungsmethoden werden Erkenntnisse über die Auswirkungen der AR-Technologie auf den Menschen erwartet. Daraus sollen zukünftig verbesserte, industrietaugliche und für den Nutzer verträgliche AR-Systeme gestaltet werden.

Wie der Beitrag erkennen lässt, war das bisherige Vorgehen durch technikgetriebene Ansätze geprägt. Es kommt jetzt im Weiteren darauf an, Psychologen und Mediziner verstärkt in die weiteren Untersuchungen einzubinden.

5. Literatur

1. Friedrich, W. (Hrsg.) 2004, ARVIKA Augmented Reality für Entwicklung, Produktion und Service. Erlangen: Publicis Corporate Publishing Verlag.
2. Fritzsche, L. 2006, Eignung von Augmented Reality für den Vollschichteinsatz in der Automobilproduktion - Eine Laboruntersuchung zur psychischen Belastung und Beanspruchung bei der Arbeit mit einem monokularen Head Mounted Display, Diplomarbeit. Dresden: Technische Universität Dresden, Fakultät Mathematik und Naturwissenschaften.
3. Oehme, O., Wiedenmaier, S., 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, Berchtesgaden, 387-389.
4. Swan J. E. II & Gabbard, J. L. 2005, Survey of User-Based Experimentation in Augmented Reality, In: Proceedings 1st International Conference on Virtual Reality, Las Vegas, USA.
5. Tang, A., Owen, C., Biocca, F. & Mou, W. 2003, Comparative effectiveness of augmented reality in object assembly. In: CHI '03: Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems. New York, USA: ACM Press, 73-80.
6. Tümler, J. & Mecke, R. 2006, Mobile Augmented Reality für die Werkerassistenz. In: Fraunhofer IFF Magdeburg (Hrsg.), Forschung vernetzen – Innovationen beschleunigen, wissenschaftliches Kolloquium. Magdeburg: Fraunhofer IFF Magdeburg, 40-50.
7. Ullmann, C. 2006, Nutzerakzeptanz von Augmented Reality - Eine Fallstudie zum Vollschichteinsatz in der Automobilproduktion, Diplomarbeit. Hamburg: Universität Hamburg.

Doktorandenwerkstatt

Erfassung und Modellierung von Kooperationsprozessen auf Fregatten

Daniel LEY

*Forschungsinstitut für Kommunikation, Informationsverarbeitung und Ergonomie,
Neuenahrer Straße 20, D-53343 Wachtberg*

Kurzfassung: In den Operationszentralen von Fregatten werden Daten über die Objekte des Einsatzraums verarbeitet, welche durch schiffseigene Sensoren und Datentransfer von anderen Einheiten eingehen. Diese Daten werden in einem Führungsprozess verarbeitet, der sowohl die Selektion relevanter Informationen als auch die Ableitung und Umsetzung von Handlungsentscheidungen durch die Operateure in der OPZ umfasst. Zur Entlastung der Operateure sollen durch eine simulationsgestützte Analyse in einer arbeitsorganisatorischen Betrachtungsweise Effektivitäts- und Effizienzsteigerungspotentiale des Führungsprozesses unter Einbezug der Arbeitsbereichsgestaltung identifiziert werden. In diesem Beitrag liegt der Schwerpunkt auf der Erfassung und Darstellung der Kooperationsprozesse dieses Arbeitssystems.

Schlüsselwörter: Arbeitsorganisation, Operationszentrale, Arbeitsprozessanalyse, K3-Modellierungstechnik.

1. Der Führungsprozess in Operationszentralen von Fregatten

Auf Fregatten der Marine werden die durch schiffseigene Sensoren und mittels Datentransfer von anderen Einheiten eingehenden Daten über Objekte des Einsatzraums in den Operationszentralen (OPZ) verarbeitet. Das Selektieren relevanter Informationen und die Ableitung und Umsetzung von Handlungsentscheidungen wird als Führungsprozess bezeichnet. Den zahlreichen in den Führungsprozess involvierten Operateuren sind dabei unterschiedliche Verantwortungsebenen und Handlungsbereiche zugewiesen. Auf hoher Abstraktionsebene gibt es linear strukturierte Abläufe, die jedoch bei konkreter Betrachtung abhängig von der jeweiligen Einsatzsituation, dem Informationsstand und dem Einsatzziel stark variieren und verzweigen können. Zusätzlich wird die Bearbeitung von Objekten in der Luft, auf der Wasseroberfläche und unter Wasser parallel vorgenommen.

Aufgrund dieser unterschiedlichen Aufgabendomänen erlangt der Führungsprozess eine hohe Komplexität, welche sich auf die Arbeitsbelastung der Operateure und somit auch auf die Fehleranfälligkeit im Arbeitsablauf auswirken kann. Eine zusätzliche Ursache ist die nachhaltig steigende Leistungsfähigkeit sowohl moderner Sensoren zur Ortung von Objekten der Einsatzumgebung als auch des Datentransfers zu anderen Einheiten, welche zu einer Erhöhung des zu bewältigenden Aufkommens an unscharfen und unstrukturierten Daten führt. Verschärfend wächst die Komplexität zusätzlich durch geplante Besatzungsreduzierungen für die OPZ, wodurch vor allem der Zeitdruck aufgrund verminderter Kapazitäten während der Bearbeitung von Aufgaben ansteigt.

Die Anforderungen an den Menschen in der OPZ erhöhen sich somit zunehmend. Dennoch sind die Operateure als Entscheidungsinstanz bewusst in die Prozesse in-

tegiert. Sie müssen in unterschiedlichsten Szenarien situationsgerecht und in Kooperation mit anderen Benutzern entscheiden und handeln. Dem Kooperationsaspekt kommt daher bei der Gestaltung zukünftiger Operationszentralen eine tragende Rolle zu. Eine Analyse und mögliche Optimierung der skizzierten Gegenstandsbereiche soll den Menschen als Unsicherheitsfaktor in seiner Arbeit unterstützen und somit entlasten, seine Handlungszuverlässigkeit erhöhen und dadurch Fehlentscheidungen und -handlungen mit möglicherweise schwerwiegenden Konsequenzen entgegenwirken (Ley et al. 2007).

Neben den die Teamleistung beeinflussenden Aufbau- und Ablaufstrukturen (van den Dobbelsteen & van den Broek 2004) soll bei der Analyse auch der Einsatz neuartiger Interaktionstechnologien geprüft werden. Zudem ist zur Optimierung der Führungs- und Entscheidungsprozesse in komplexen Einsatzsituationen eine Weiterentwicklung der Mensch-System-Interaktion im Sinne verbesserter Funktionsteilungen zwischen Mensch und Maschine erforderlich (Schmidt & Ley 2008).

Echtzeitsysteme stellen besondere Anforderungen an ein optimiertes Management, das die einsatzbedingten Aufgaben und Funktionen zwischen den eingebundenen Operateuren sowie dem Führungssystem effektiv verteilt. Zur Beurteilung der Wirksamkeit der in der OPZ existierenden Entscheidungsabläufe und der sie unterstützenden Technologien ist eine Erfassung und Bewertung der Systemleistung erforderlich. Hierzu stellt die Simulation ein passendes Werkzeug dar, um mit geringem Kosten- und Zeitaufwand relevante Ergebnisse zu erlangen. Ein erstes Problem ist dabei die Abgrenzung des zu simulierenden Systems OPZ von anderen beeinflussenden beziehungsweise beeinflussten Systemen im Sinne der Systemanalyse (Döring 2005). Aufgrund vorhandener Wechselwirkungen besteht über die OPZ-Grenze hinweg ein Wirkungs- und Informationsgefüge mit zahlreichen anderen an Bord befindlichen sowie externen Systemen. Eine exemplarische Prozesserfassung sowie die dabei zur Anwendung kommenden Arbeitsmittel werden im Folgenden dargestellt.

2. Arbeitsprozesserfassung und Modellierung

Die simulationsgestützte Evaluation von OPZ-Prozessen zur Identifizierung von Optimierungsempfehlungen unter arbeitsorganisatorischen Gesichtspunkten erfordert eine systematische Vorgehensweise. In Anlehnung an etablierte Verfahren der Modellbildung und Simulation (u.a. Banks 1998; Bossel 2004; Bub & Lugner 1990) wurde daher ein methodisches Vorgehen für die inhaltlichen Arbeiten konzipiert. Dieses gliedert sich zunächst in die Problemformulierung und Systemabgrenzung. Es folgt die Erfassung der Systemstruktur unter Zuhilfenahme der Hierarchical Task Analysis (Annett 2004; Kirwan & Ainsworth 1993; Stanton et al. 2005), des weiteren die Prozesserfassung, auf welche hier insbesondere eingegangen werden soll, und parallel dazu die Modellerstellung. Spätere Phasen der iterativ angelegten Vorgehensweise beschäftigen sich mit der Verifizierung und Validierung der in einer Simulationsumgebung zu erstellenden Modelle, der Planung und Durchführung der Simulationsläufe und der Ergebnisanalyse, welche zu Gestaltungsempfehlungen führen soll. Hier wird jedoch zunächst schwerpunktmäßig die Erhebung und Modellierungsphase betrachtet.

Für die Erfassung der Kooperationsprozesse, welche auf Basis von Beobachtungen, Experten-Interviews und Ton- bzw. Video-Aufzeichnungen durchgeführt werden soll, wurde als Werkzeug die K3-Modellierungstechnik identifiziert. Diese an die Akti-

vitäts- und Zustandsdiagramme der Unified Modeling Language (UML) angelehnte Technik zur partizipativen Erhebung und Darstellung kooperativer, schwach strukturierter Arbeitsprozesse erlaubt durch die Aufnahme von Ist-Abläufen und die Beschreibung von Soll-Prozessen die Ableitung organisatorischer Gestaltungsempfehlungen und informatorischer Unterstützungserfordernisse (Foltz et al. 2000). Dabei unterstützt die intuitive Visualisierung, welche unter anderem durch die geringe Anzahl an benötigten Elementen und die Organisationseinheiten unterscheidende Darstellung durch Swimlanes erzielt wird, das Verständnis sowohl der Experten als auch Analysten und bildet somit eine Basis für konstruktive Diskussionen.

Abbildung 1 zeigt einen ersten erfassten Prozessablauf zur Klassifizierung von Luftfahrzeugen (AAW) unter Einbezug unterschiedlicher Organisationseinheiten durch situationsbedingt verschiedene Vorgehensweisen. Nach Erfassung eines Luftobjekts in der Einsatzumgebung durch Sensoren werden die Objektdaten nach einer Sensordatenfusion (SDF) im Führungssystem (Combat Direction System, CDS) einem Track mit einer vorläufigen Identität (ID Pending) zugewiesen. Dieser Track wird nun an die Multifunktionskonsolen (MFC) der zur Klassifizierung zuständigen Operateure, in diesem Falle des Operators AAW1, weitergeleitet (MFC_AAW1), wo er auf synthetischen Radarbildschirmen in Form von ikonischen Symbolen repräsentiert wird. Der Operateur AAW1 besitzt nun die Aufgabe, den Track aufgrund objektspezifischer Informationen (u.a. Position, Geschwindigkeit und Höhe) zu analysieren und hieraus eine Identität abzuleiten. Reichen die vorhandenen Informationen zur ID-Vergabe aus, so wird diese durch die Benutzungsschnittstelle an das CDS weitergegeben. Tritt der Fall auf, dass durch ungenügende Informationen keine Möglichkeit zur eindeutigen Klassifizierung besteht, so wird diese Information an einen weiteren Operateur mit anderem Zuständigkeitsbereich (Track-Koordinator, TC) vermittelt, welcher durch Einleitung eines Funkkontakts mit dem entsprechenden Luftfahrzeug zur Identifizierung durch vereinbarte Flugmuster (Pattern) auffordert.

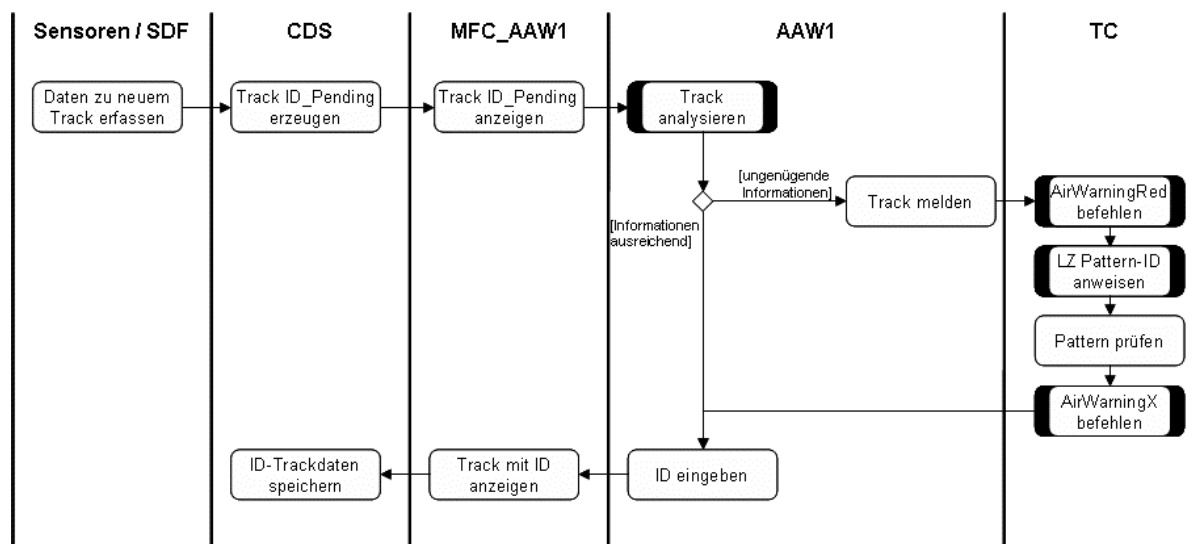


Abbildung 1: K3-Diagramm zum Prozess der Klassifizierung von Luftfahrzeugen

Neben den bereits genannten Vorteilen der K3-Modellierungstechnik fügt sie sich zusätzlich durch die Möglichkeit der Verwendung aggregierter Aktivitäten (im Diagramm mit breitem Rand dargestellt) zur Kennzeichnung von Subprozessen sowohl in das Konzept der Hierarchical Task Analysis als auch in den Aufbau von Prozessmodellen in einer Simulationsumgebung mit der Möglichkeit zur Erstellung hierar-

chisch angelegter Netzwerke harmonisch ein.

Nach der anfänglichen Strukturierung des Führungsprozesses mit Hilfe von Experteninterviews ist zur Erfassung der OPZ-Prozesse die direkte Beobachtung sowie auditive und / oder visuelle Aufzeichnung der Abläufe im Übungseinsatz vorgesehen. Nach Möglichkeit sollen diese Daten parallel durch Befragungen beteiligter Operateure ergänzt werden. Wie bereits oben beschrieben, wird eine derartige partizipative Vorgehensweise durch das gewählte Werkzeug unterstützt.

3. Zusammenfassung und Ausblick

Durch die Erfassung der Prozesse in der OPZ von Fregatten und ihre Modellierung und Analyse mit Hilfe von Simulationsläufen sollen mögliche Optimierungspotentiale zur Entlastung der Operateure identifiziert werden. Durch eine mögliche Neustrukturierung können so verbesserte Ablauf- und Aufbaustrukturen erzielt werden, welche der steigenden Komplexität entgegenwirken und die Wahrscheinlichkeit von Fehlentscheidungen und -handlungen senken.

Eine Herausforderung bezüglich der Erhebung der Prozessabläufe ist die Erfassung des Zeitbedarfs einzelner Arbeitsabläufe. Hier müssen durch die Festsetzung von Mittelwerten und Standardabweichungen und die Verteilung zeitlich exakt zu bestimmender Prozesse auf Subprozesse valide Daten erzeugt werden.

4. Literatur

1. Annett, J. 2004, Hierarchical Task Analysis. In: D. Diaper & N. Stanton (Eds.), The Handbook of Task Analysis for Human-Computer Interaction. Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, 67-82.
2. Banks, J. B. (Hrsg.) 1998, Handbook of Simulation. New York: John Wiley & Sons.
3. Bossel, H. 2004, Systeme, Dynamik, Simulation. Modellbildung, Analyse und Simulation komplexer Systeme. Norderstedt: Books on Demand.
4. Bub, W. & Lugner, P. 1990, Modellbildung und Modellreduktion – Systematik der konzeptionellen Modellbildung. In: F. Breitenecker, I. Troch & P. Kopack (Hrsg.), Simulationstechnik, 6. Symposium, Wien, September 1990. Braunschweig: Vieweg, 62-66.
5. Döring, B. 2005, Systemanalyse. In: H. Schmidtke (Hrsg.), Handbuch der Ergonomie. Koblenz: Bundesamt für Wehrtechnik und Beschaffung.
6. Foltz, C., Killich, S. & Wolf, M. 2000, K3 User Guide, Institut für Arbeitswissenschaft (IAW) der RWTH Aachen, <http://www.iaw.rwth-aachen.de>.
7. Kirwan, B. & Ainsworth, L.K. (Eds.) 1993, A guide to task Analysis. London: Taylor & Francis.
8. Ley, D., Dörfel, G. & Döring, B. 2007, Vorgehensweisen zur Evaluation der Arbeitsabläufe im Führungsprozess. In: M. Grandt & A. Bauch, A. (Hrsg.), 49. Fachausschusssitzung Anthropotechnik: Stand und Perspektiven der simulationsgestützten Systemgestaltung. Bonn: Deutsche Gesellschaft für Luft- und Raumfahrt Lilienthal-Oberth.
9. Schmidt, L. & Ley, D. 2008, Mensch-Computer-Interaktionsgestaltung zur Luftlagebewertung, i-com - Zeitschrift für interaktive und kooperative Medien, 7, (im Druck).
10. Stanton, N.A., Salmon, P.M., Walker, G.H., Baber, C. & Jenkins, D.P. 2005, Human Factors Methods. A Practical Guide for Engineering and Design. Burlington, USA: Ashgate.
11. van den Dobbelsteen, G.J.H. & van den Broek, H. 2004, Simulation-based naval command and control team design. In: Proceedings of the North American Association for Computational Social and Organizational Science 2004 Conference. Pittsburgh, PA.

Operateure in komplexen Mensch-Maschine-Systemen: Theorie und Empirie zur Trias „Ressource, Diagnose- und Prozessführungsleistung“

Jens NACHTWEI

*Graduiertenkolleg Prometei, Technische Universität Berlin,
Sekt. FR 2-6, Franklinstr. 28-29, D-10587 Berlin*

Kurzfassung: Vorgestellt werden ein eigenes theoretisches Modell sowie ein empirischer Ansatz zur Begründung des Zusammenhangs von Ressourcen und der Diagnose- und Prozessführungsleistung von Operateuren in komplexen, dynamischen Systemen.

Schlüsselwörter: Mensch-Maschine-Funktionsteilung, Prozessführung.

1. Einleitung

Zu einer der grundlegenden Fragestellungen in der Ingenieurpsychologie gehört die Automatisierung der Prozessführung in Mensch-Maschine-Systemen (MMS), mit allen damit assoziierten Problemen (Bainbridge 1983). Im Projekt ATEO (Arbeitsteilung Entwickler Operateur) wird das Problem der Funktionsteilung zwischen Mensch und Maschine durch zwei Arbeiten aus einer erweiterten Perspektive betrachtet. Nicht die Leistungsfähigkeit der Maschine, sondern die des Menschen hinter der technischen Lösung, des Entwicklers, steht im Mittelpunkt. Die Idee ist nicht neu (Hoc 2001; Norman 2007), jedoch bisher kaum empirisch geprüft. Der Entwickler muss Aspekte des zu unterstützenden Prozesses auf lange Sicht antizipieren, während für den Operateur die Diagnose des aktuellen Zustands (v.a. Störungen) sowie die kurzfristige Prognose des Prozessverlaufs die zentralen Anforderungen darstellen (Schmidt & Luczak 2006). Zentrale Fragestellungen sind:

- Wie gut erkennt ein Operateur Störfälle in einem komplexen, dynamischen System (Diagnose) im ATEO-Setting?
- Welchen Einfluss hat die Diagnoseleistung des Operateurs auf seine Prozessführungsleistung in diesem System?
- Von welchen Ressourcen des Operateurs hängen die Diagnoseleistung und Prozessführungsleistung (Sicherheit, Geschwindigkeit von Teilprozessen) ab?

Ziel ist es, einen (zumindest partiellen) fairen und ökologisch validen Vergleich zwischen der Antizipationsleistung von Entwicklern und der Diagnoseleistung von Operateuren zu ermöglichen. Dies soll den Weg zur Beantwortung der praktischen Fragestellung ebnen, welche Funktionen in komplexen MMS automatisiert vs. durch Operateure ausgeführt werden sollten.

Als Grundlage für die empirischen Untersuchungen dient die sogenannte Socially Augmented Microworld (SAM) in Form eines Tracking-Experimentes, welches von zwei Mikroweltbewohnern (MWB) bearbeitet wird (Gross & Nachtwei 2006). Die Probanden unterscheiden sich dabei hinsichtlich ihrer Geschwindigkeits- vs. Genauigkeitsorientierung, gemessen über den „Fragebogen zur Erfassung von Strategie und Expertise, Revision“ - FESE-R (Nachtwei in Druck). Dies dient der Erhöhung der Komplexität der Mikrowelt, indem Konflikte zwischen den MWB als Störfälle definiert werden. Der Operateur soll die Prozessparameter Sicherheit und Geschwindigkeit

des Trackings (als Teil der Mikrowelt) nach dem Ansatz von supervisory control von Rognin et al. (2000) in bestimmten Normbereichen halten.

2. Theoretische Grundlage

Ausgehend von dem in Abbildung 1 beschriebenen Modell ist die Leistung des Operators bei der Diagnose der Störungen und der Führung der Prozesse in SAM die wichtigste abhängige Variable (aV). Als Leistungskriterien werden, in Anlehnung an viele Domänen der Prozessüberwachung (Björkli et al. 2006 für „high-speed craft operation“) Sicherheit und Effizienz gesehen. Die drei zentralen unabhängigen Variablen (uV) sind a) die Informationen über den Prozess, welche am sogenannten Operatorsarbeitsplatz vermittelt werden und b) die Antizipation von Störungen. Beide Variablen wirken vermittelt über die jeweilige Situation Awareness (SA). SA gliedert sich nach Endsley (1995) in drei Levels, die sich in den uV Information (Level 1 & 2) sowie Antizipation (Level 3) widerspiegeln. Als dritte zentrale uV beeinflusst die Reaktion auf Prozessparameter die Leistung des Operators direkt. Daneben wirken auf die Leistung die Komplexität des zu kontrollierenden Systems bzw. seiner Prozesse sowie die Aufgaben des Operators (Li & Wieringa 2000). Zum anderen sind hier Personenmerkmale des Operators wie bspw. Expertise oder Motive (Bye et al. 1999) von Bedeutung.

Die drei dargestellten, übergeordneten uV sind nicht vollends unabhängig voneinander und gliedern sich jeweils in verschiedene Aspekte, welche wiederum teils miteinander interagieren. Bei der Variable Information ist weiter zu unterscheiden der Zeitpunkt der Informationsdarbietung bei Störungen im Prozess, die Qualität der Information, welche über die Gruppierung (Schmidt & Luczak 2006) sowie Integration (Zhang et al. 2002) von Daten definiert wird und schließlich die Quantität der Informationen, d.h. die Anzahl von Prozessparametern, die dem Operator zur Verfügung steht. Quantität und Qualität lassen sich allerdings in einigen Fällen nur schwer trennen. Zur Abgrenzung dient die jeweilige Ausdifferenzierung in „innerhalb“ vs. „über“ Informationspakete, die sich ähnlich auch bei Han et al. (2007) findet. Als Informationspaket gilt bspw. ein Bildschirmbereich mit einer semantisch abgrenzbaren Information wie z.B. die Darstellung der Tracking-Strecke in der Vorausschau. Wird ein Bildschirmbereich durch eine neue Information angereichert, erhöht sich sowohl die Quantität als auch die Qualität, da diese Information in einen bestehenden Bereich integriert wird.

Bei der uV Antizipation ist vor allem die Antizipationsleistung relevant, welche abhängig ist von der Chance Störungen zu antizipieren und der Antizipationsweite, definiert als zeitlicher Abstand zwischen Antizipation und Auftreten einer Störung (vgl. Wandke & Nachtwei in Druck). Die Möglichkeit, Störungen überhaupt zu antizipieren, hängt maßgeblich von den Informationen über den Prozess ab. Antizipation wirkt demnach eher vermittelnd zwischen Informationen und Leistung des Operators.

Handlungen des Operators zur Störungsbehandlung sind sowohl als Antizipation von Prozessverläufen als auch als Reaktion auf bestimmte Signale zu betrachten, wie zum Beispiel Doane et al. (2004) in der Luftfahrt domäne für Piloten zeigen. Zentral ist die Güte der Reaktionen, welche sowohl von der Zeit, die für Reaktionen zur Verfügung steht als auch der Stärke der eingesetzten Reaktionen (z.B. Informationsgabe ans System vs. Mitsteuern) abhängt. Letzteres kann je nach Situation positiv oder negativ wirken, während sich Zeitdruck vor allem bei Störungen im Prozess negativ auswirkt (Liu et al. 2002).

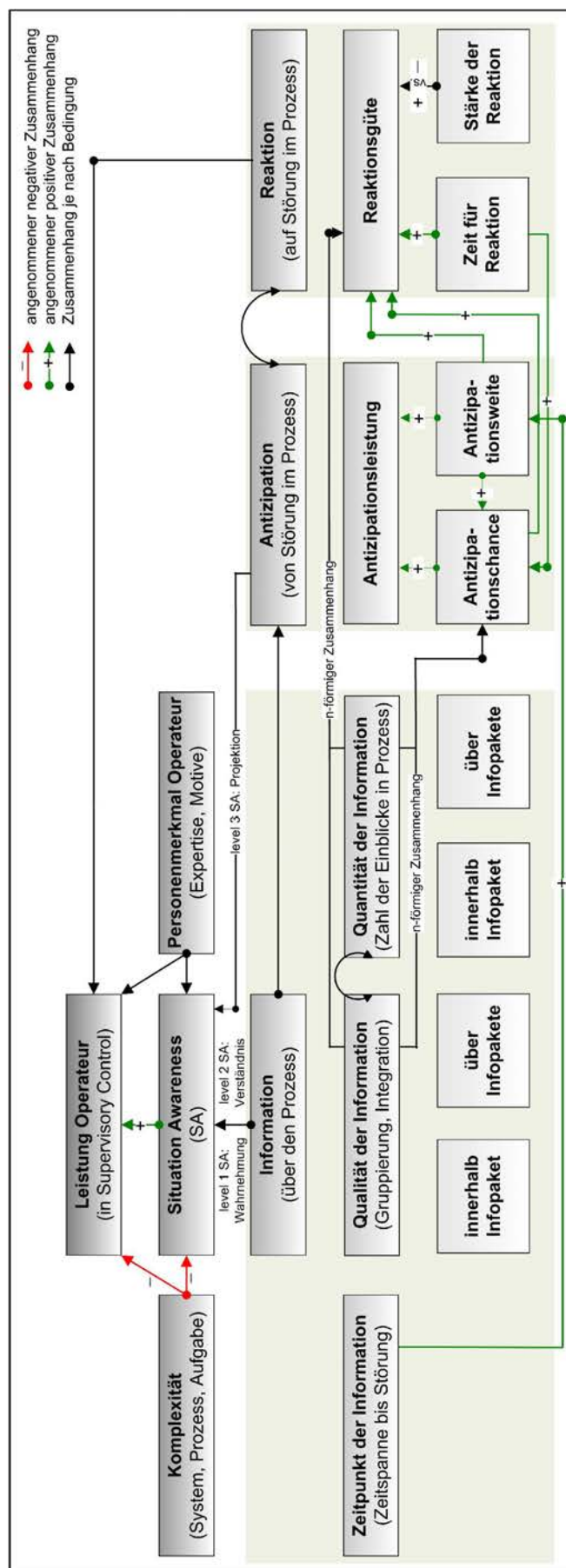


Abbildung 1: Modell zur Trias von Ressourcen, Diagnose- und Prozessführungsleistung

3. Methode

Die dem Operateur zur Verfügung stehenden Informationen (Quantität, Qualität) sind zentrale Ressourcen für die Überwachung und Steuerung von SAM. Beide uV lassen sich gut nachvollziehbar durch das Design des Operatorsarbeitsplatzes manipulieren (im Wesentlichen durch Hinzunahme und an Usability-Kriterien orientierte Integration von Prozessinformationen). Ihr Einfluss auf die Diagnose- und Prozessführungsleistung des Operators soll nachgewiesen werden.

In einem between-groups design wird zur Abstufung der uV der Operatorsarbeitsplatz angereichert. Zwei bis drei Varianten des Arbeitsplatzes werden realisiert. Als aV dienen insbesondere das Timing, die Anzahl, die Korrektheit und Art der Eingriffe sowie die Beanspruchung des Operators als auch Fehler und Zeiten beim Tracking. Zur Untersuchung von $N = 99$ Operateuren, verteilt über drei Bedingungen, ist zusätzlich die doppelte Anzahl Mikroweltbewohnern nötig (Kennwerte der Stichprobenplanung: $f = .32$, $\alpha = .05$, $1-\beta = .80$). Weiterhin ist eine Vielzahl von Störgrößen zu kontrollieren, da die Nutzung von echten Menschen als Teil von SAM zu hoher, nicht auf die Manipulation bezogener, Variabilität in den Daten führt.

Während der Projektlaufzeit (11/2007 bis 10/2010) sollen die theoretischen Ansätze zur Mensch-Maschine-Funktionsteilung durch einen empirischen sinnvoll ergänzt werden. Die Wichtigkeit zeigt sich insbesondere vor dem Hintergrund, dass die bisherige Methoden der Zuweisung von als wenig Ziel führend betrachtet werden (Fuld 2000).

4. Literatur

1. Bainbridge, L. 1983, Ironies of Automation, *Automatica*, 19, 775-779.
2. Björkli, C.A., Övergård, K.I., Röed, B.K. & Hoff, T. 2006, Control situations in high-speed craft operation, *Cognition, Technology and Work*, 9, 67-80.
3. Bye, A., Hollnagel, E. & Brendeford, T.S. 1999, Human-machine function allocation: a functional modelling approach, *Reliability Engineering and Systems Safety*, 64, 291-300.
4. Doane, S.M., Sohn, Y.W. & Jodlowski, M.T. 2004, Pilot Ability to Anticipate the Consequences of Flight Actions as a Function of Expertise, *Human Factors*, 46, 92-103.
5. Endsley, M.R. 1995, Toward a Theory of Situation Awareness in Dynamic Systems, *Human Factors*, 37, 32-64.
6. Fuld, R.B. 2000, The Fiction of Function Allocation, Revisited, *International Journal of Human-Computer Studies*, 52, 217-233.
7. Gross, B. & Nachtwei, J. 2006, Assistenzsysteme effizient entwickeln und nutzen - Die Mikrowelt als Methode zur Wissensakquisition für Entwickler und Operateure. In: M. Grandt & A. Bauch (Hrsg.), *Cognitive Systems Engineering in der Fahrzeug- und Prozessführung*, DGLR-Bericht 2006-02/07. Bonn: Deutsche Gesellschaft für Luft- und Raumfahrt, 75-88.
8. Han, S.H., Yang, H. & Im, D. 2007, Designing a human-computer interface for a process control room: A case study of a steel manufacturing company, *International Journal of Industrial Ergonomics*, 37, 383-393..
9. Hoc, J-M. 2001, Towards a cognitive approach to human-machine cooperation in dynamic situations, *International Journal of Human-Computer Studies*, 54, 509-540.
10. Li, K. & Wieringa, P.A. 2000, Understanding perceived complexity in human supervisory control, *Cognition, Technology and Work*, 2, 75-88.
11. Liu, Q., Nakata, K. & Furuta, K. 2002, Display Design of Process on Functional Modelling, *Cognition, Technology and Work*, 4, 48-63.
12. Nachtwei, J. in Druck, Handlungsstrategie als Kontrollvariable in Laborexperimenten – Konstruktion und Evaluation des Fragebogeninstrumentes FESE-R, Beitrag zur 50. TeaP.
13. Norman, D.A. 2007, *The Design of Future Things*. New York: Basic Books.

14. Schmidt, L. & Luczak, H. 2006, Prozessführung und -überwachung in komplexen Mensch-Maschine-Systemen. In: B. Zimolong & U. Konradt (Hrsg.), Enzyklopädie der Psychologie. Themenbereich D Praxisgebiete, Serie III Wirtschafts-, Organisations- und Arbeitspsychologie, Band 2 Ingenieurpsychologie. Göttingen: Hogrefe, 807-834.
15. Wandke, H. & Nachtwei, J. in Druck, The different human factor in automation: the developer behind vs. the operator in action. In: Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Europe Chapter Annual Meeting, 24-26, October 2007 in Braunschweig, Germany.
16. Zhang Y., Drews, F., Westenskow, D., Foresti, S., Agutter, J., Bermudez, J., Blike, G. & Loeb, R. 2002, Effects of Integrated Graphical Displays on Situation Awareness in Anaesthesiology, *Cognition, Technology and Work*, 4, 82-90.

„Guided error training“ für ältere Benutzer interaktiver Systeme

Doreen STRUVE

*Institut für Psychologie, Humboldt Universität zu Berlin,
Rudower Chaussee 18, D-12489 Berlin*

Kurzfassung: Ältere Menschen werden in ihrem Alltag verstärkt mit der Nutzung von technischen Systemen konfrontiert, die häufig eine Hürde für sie darstellen. Durch den Einsatz von Trainingsprogrammen wird erhofft, dass ältere Menschen für die Technik sensibilisiert sowie Altersstereotype abgebaut werden und somit die Bedienung besonders komplexer, interaktiver Systeme erlernbar wird. In dieser Studie soll auf kognitiver Ebene untersucht werden, ob die Instruktionsmethode „guided error training“ in Lernvideos erfolgreich zur Vermittlung von interaktivem Systemwissen eingesetzt werden kann.

Schlüsselwörter: Video, guided error training, Techniknutzung, Senioren, Selbstwirksamkeit.

1. Einleitung

Moderne Technologien reichern zunehmend unsere Umwelt an. Besonders im öffentlichen Bereich ist zu beobachten, dass verstärkt Servicepersonal durch interaktive Automaten Systeme ersetzt wird. Senioren, die in einer Zeit aufgewachsen sind, in denen die Nutzung von Computern kaum eine Rolle spielte (Tacken et al. 2005), sind von solchen technologischen Neuerungen häufig überfordert. Als unerfahrene Nutzergruppe treffen Sie oft auf Schwierigkeiten bei der Interaktion, die wiederum zu einer reduzierten Nutzung und schwindender Akzeptanz führen kann. Dennoch ist die geminderte Technikakzeptanz nicht nur auf das fehlende Interaktionswissen zurückzuführen. So nehmen sich ältere Menschen als weniger selbstwirksam im Umgang mit Technik wahr (Czaja et al. 2006) und orientieren sich häufig am negativ behafteten Altersstereotyp (Marquie et al. 2002). Aus emotionaler Perspektive spielt zudem ein erhöhtes Sicherheitsbedürfnis eine entscheidende Rolle, welches sich in Computerangst (Czaja et al. 2006) und der Angst vor etwas Neuem (Mollenkopf 2003) manifestiert. Um die Nutzung neuer Technologien zu initialisieren, muss daher zunächst eine hohe Barriere überwunden werden. Eine Möglichkeit bieten hierfür speziell für ältere Menschen entwickelte Trainingsprogramme. Diese zielen darauf ab, Senioren nicht nur beim Erlernen der Benutzung eines technischen Gerätes zu unterstützen, sondern gleichzeitig ihre Selbstwirksamkeit im Umgang mit Technik zu erhöhen. Ergebnisse aus der Forschung zeigen, dass insbesondere interaktive Trainingsprogramme sowohl Lernerfolge erzielen und die wahrgenommene Selbstwirksamkeit steigern können (z.B. Rogers et al. 1996; Karavidas et al. 2005). Dabei ist es jedoch wichtig, Besonderheiten der Zielgruppe zu berücksichtigen (Wallen & Mulloy 2006).

Aus der Forschung ist weiterhin bekannt, dass interaktive Videos, die auf der sozial-kognitiven Lerntheorie beruhen (Bandura 1986), erfolgreich zur Wissensvermittlung eingesetzt werden können. So wiesen Zhang et al. (2006) in einer Studie mit jüngeren Lernenden nach, dass interaktive Videos, die in E-Learning-Programmen verwendet wurden, zu signifikant besseren Leistungen führten.

Lernvideos können nach unterschiedlichen Instruktionsmethoden gestaltet werden. In dieser Studie soll daher untersucht werden, ob die Anwendung des „guided error training“ (Ivancic & Hesketh 1995) in Videos geeignet ist, ältere Menschen beim Erlernen der Techniknutzung zu unterstützen. Bei diesem Ansatz sollen neben der Vermittlung des prozeduralen Wissens aus der Systeminteraktion auch Problemlösekompetenzen gefördert und explizites Interaktionswissen vermittelt werden. Dies geschieht über das Aufzeigen von typischen Interaktionsfehlern durch ein Videomodell, wobei die aufgezeigten Fehler anschließend korrigiert werden. Das „guided error training“ unterscheidet sich somit entscheidend vom aktiven Fehlerlernen, bei dem der Lernende zum Reproduzieren von Interaktionsfehlern angehalten wird.

Es wird angenommen, dass Fehler gemeinsam mit ihren Ursachen im Gedächtnis gespeichert werden (Schank 1982). Somit werden die Fehler und die damit verbundenen Ursachen leichter abrufbar, so dass das frühere Fehlverhalten vermieden werden kann (Johnson & Seifert 1992). Zudem wird der Lernende in die Lage versetzt, für analoge Probleme das entsprechende Wissen schneller abrufen zu können. So wiesen Gick & McGarry (1992) in ihrer Studie nach, dass die Konfrontation mit fehlerhaften Ansätzen den Abruf von Lösungen für strukturell ähnliche Problemstellungen vereinfacht, selbst wenn die Probleme unterschiedliche Oberflächenmerkmale aufweisen. Auch Van Gog (2004) geht davon aus, dass durch die Exploration anderer Pfade im Problemraum nützliches Wissen generiert wird, das später zur Bewältigung anderer, beziehungsweise ähnlicher Situationen vorteilhaft ist. Unabhängig davon wie Fehler in den Lernprozess integriert werden, stellen sie Abweichungen vom Zielzustand dar und liefern dadurch wichtige, zusätzliche Informationen. Denn durch Fehlverhalten wird ein negatives Feedback an den Lernenden zurückgemeldet, das die Grenzen eines Schemas oder einer Regel kennzeichnet und somit die Spezifizierung seiner Gültigkeitsbedingungen erhöht. Dieses negative Feedback stellt laut Frese & Zapf (1994) eine Voraussetzung für das Lernen dar. Fehlverhalten kann somit die Elaboration mentaler Modelle vertiefen, indem es Handlungsabläufe unterbricht und auf Unstimmigkeiten hinweist. Erste Belege für einen positiven Effekt des „guided error training“ fanden Ivancic & Hesketh (2000) in ihrer Studie zum Lernen aus Fehlern am Fahrsimulator. Teilnehmer, die mit dem „guided error training“ lernten, unterliefen tendenziell weniger Fehler, sie fuhren seltener bei Rot über die Ampel, und das Selbstvertrauen war in dieser Gruppe nach dem Training signifikant höher als in der fehlerfreien Lerngruppe.

2. Methode

Zur Überprüfung des Instruktionsansatzes war es erforderlich ein interaktives Trainingsprogramm mit entsprechenden Instruktionsvideos zu erstellen. Als Versuchsobjekt wurde der Fahrscheinautomat der Berliner Verkehrsbetriebe (BVG) verwendet. Um den kognitiven Anspruch des Automaten zu bestimmen, wurde eine Aufgabenanalyse nach dem GOMS-Modell durchgeführt. Darauf aufbauend wurde der Lerninhalt in 6 aufeinander aufbauende Lektionen gegliedert.

Das Trainingsprogramm wurde in Anlehnung an das Instruktionskonzept des Cognitive Apprenticeship (Collins 1991) entwickelt, wobei die Teilkonzepte „modelling“, „coaching“, „scaffolding“, „fading“ und „exploration“ Anwendung fanden. Das „modelling“ und „coaching“ erfolgt über Instruktionsvideos, in denen eine gleichaltrige Modellperson die Bedienung des Systems vorführt. Instruktionsvideos, die nach der Methode des „guided error training“ produziert wurden, enthalten dabei typische Interak-

tionsfehler, die anschließend korrigiert werden. In dieser Lernphase ist es die Aufgabe der Lernenden, die aufgezeigten Interaktionen des Modells an einer Automaten-simulation zu replizieren. Hierzu steht den Novizen zusätzlich auch das Video als Hilfe zur Verfügung. Daran anschließend trainieren die Lernenden ihr neu erworbenes Wissen an praktischen Übungen, ohne auf die Videohilfe zurückgreifen zu können. Diese Trainingsphase dient der Überprüfung der Wissensanwendung und setzt das Teilkonzept „exploration“ um (siehe Abbildung 1).



Abbildung 1: Ausschnitte aus dem entwickelten Trainingsprogramm: Links: Einleitung zur Lektion; Mitte: Lernphase (Hilfeabruf möglich); Rechts: Trainingsphase (Hilfeabruf nicht möglich)

Die Teilkonzepte „scaffolding“ und „fading“ werden über so genannte „training wheels“ (Carroll 1990) realisiert, bei denen die anfängliche Gerätekomplexität zunächst reduziert und mit fortschreitenden Wissenszuwachs aufgehoben wird. Hierzu wurden alle Tasten, die noch nicht erlernt wurden, über eine graue Einfärbung als inaktiv dargestellt (siehe Abbildung 1).

2.1 Experimentelles Design

Mit einem 2x2-Design sollen die Trainingsprogramme mit und ohne „guided error training“ sowie ältere (60-74 Jahre) mit jüngeren Personen (20-34 Jahre) verglichen werden, um altersspezifische Effekte nachweisen zu können. Insgesamt soll sich die Stichprobe aus jeweils 20 Männern und 20 Frauen je Altersgruppe zusammensetzen.

Die abhängige Variable Lernerfolg wird zum einen durch die Fehleranzahl in der Lern- und Trainingsphase der einzelnen Lektionen in Logfiles, zum anderen über einen selbst entwickelten Wissenstest erfasst. Die abhängige Variable wahrgenommene Selbstwirksamkeit wird über einen spezifisch für Fahrscheinautomaten konstruierten Fragebogen erhoben. Für den Wissenstest und die Erhebung der Selbstwirksamkeit ist eine Prä-Post-Messung vorgesehen. Als Kontrollvariablen werden zudem altersbedingte, kognitive Veränderungen, sozial-motivationale Aspekte des Videomodells, Bildungsstand, Geschlecht, Cognitive Load, allgemeine Einstellung gegenüber Fahrscheinautomaten sowie das Tarifwissen erfasst. Die Durchführungszeit für die Untersuchung beträgt etwa 2,5 - 3 Stunden.

3. Ausblick

Die Datenerhebung der älteren Stichprobe wird seit Anfang Dezember 2007 an der Humboldt Universität Berlin sowie in angrenzenden Seniorentreffs durchgeführt. Ab Februar 2008 ist die Erhebung der jungen Vergleichsstichprobe geplant.

4. Literatur

1. Bandura, A. 1986, Social foundations of thought and action: a social cognitive theory. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
2. Carroll, J.M. 1990, The Nurnberg Funnel: Designing minimalist instruction for practical computer skill. Cambridge, MA: MIT Press.
3. Collins, A. 1991, Cognitive Apprenticeship and instructional technology. In: L. Idol & B.F. Jones (Eds.), Educational values and cognitive instruction: Implications for reform. Hillsdale, NY: Lawrence Earlbaum Associates, 121-138.
4. Czaja, S.J., Charness, N., Fisk, A.D., Hertzog, C., Nair, S.N., Rogers, W.A. & Sharit, J. 2006, Factors predicting the use of technology: Findings from the Center for Research and Education on Aging and Technology Enhancement (CREATE), Psychology and Aging, 21, 333-352.
5. Frese, M. & Zapf, D. 1994, Action as the core of work psychology: A German approach. In: M.D. Dunnette, L.M. Hough & H.C. Triandis (Eds), Handbook of industrial and organizational psychology. Palo Alto, CA: Consulting Psychologists Press, 271-340.
6. Gick, M.L. & McGarry, S.J. 1992, Learning from mistakes: Inducing analogous solution failures to a source problem produces later successes in analogical transfer, Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition, 18, 623-629.
7. Ivancic, K. & Hesketh, B. 1995, Making the best of errors in training, Training Research Journal, 1, 103-125.
8. Ivancic, K. & Hesketh, B. 2000, Learning from errors in a driving simulation: Effects on driving skill and self-confidence, Ergonomics, 43, 1966-1984.
9. Johnson, H.M. & Seifert, C.M. 1992, The role of predictive features in retrieving analogical cases, Journal of Memory and Language, 31, 648-667.
10. Karavidas, M., Lim, N.K. & Katsikas, S.L. 2005, The effects of computers on older adult users, Computers in Human Behavior, 21, 697-711.
11. Marquié, J. C., Jourdan-Boddaert, L. & Huet, N. 2002, Do older adults underestimate their actual computer knowledge ?, Behaviour and Information Technology, 21, 273-280.
12. Mollenkopf, H. 2003, Assistive technology: Potential and preconditions of useful applications. In N. Carness & K.W. Schaie (Eds.), Impact of technology on successful aging. New York: Springer, 203-215.
13. Rogers, W.A., Fisk, A.D., Mead, S.E., Walker, N. & Cabrera, E.F. 1996, Training older adults to use automatic teller machines, Human Factors, 38, 425-433.
14. Van Gog, T., Paas, F. & Van Merriënboer, J.J.G. 2004, Recommendation for research on task formats that model expert approaches to problem solving, http://www.iwmkmrc.de/workshops/sim2004/pdf_files/VanGog_et_al.pdf (zuletzt aufgerufen am 19.12.2007).
15. Schank, R.C. 1982, Dynamic Memory: A Theory of Reminding and Learning in Computers and People. New York, NY: Cambridge University Press.
16. Tacken, M., Marcellini, F., Mollenkopf, H., Ruoppila, I. & Széman, Z. 2005, Gerontechnology, 3, 126-137.
17. Van Gog, T., Paas, F. & Van Merriënboer J.J.G. 2004, Recommendation for research on task formats that model expert approaches to problem solving, http://www.iwmkmrc.de/workshops/sim2004/pdf_files/VanGog_et_al.pdf, zuletzt aufgerufen am 19.12.2007.
18. Wallen, E.S. & Mulloy, K.B. 2006, Computer-based training for safety: comparing methods with older and younger workers, Journal of Safety Research, 37, 461-467.
19. Zhang, D., Zhou, L., Briggs, R.O. & Nunamaker, J.F. 2006, Instructional video in e-learning: Assessing the impact of interactive video on learning effectiveness, Information & Management, 43, 15-27.

Entwickler in komplexen Mensch-Maschine-Systemen: Analyse der Antizipationsgüte von Konflikten

Saskia KAIN

*Graduiertenkolleg Prometei, Technische Universität Berlin,
Sekt. FR 2-6, Franklinstr. 28-29, D-10587 Berlin*

Kurzfassung: Das Forschungsvorhaben stellt eine Erweiterung der klassischen Perspektive zur Mensch-Maschine-Funktionsteilung dar. Im Fokus stehen nun die Entwickler von Assistenzsystemen. Aus der Vielzahl an potenziellen Entwicklerressourcen werden einige hinsichtlich ihrer Bedeutung für die Antizipationsgüte von Konflikten, den Entwicklungsprozess und das -ergebnis experimentell untersucht. Zunächst soll die Ressource „Informationsmenge“ näher beleuchtet werden.

Schlüsselwörter: Mensch-Maschine-Funktionsteilung, Entwickler, technische Assistenzfunktion, Ressource.

1. Einleitung

Das geplante Dissertationsvorhaben findet im Rahmen der zweiten Phase des Projekts ATEO (Arbeitsteilung Entwickler Operateur) statt, dessen Forschungsschwerpunkt die Perspektiverweiterung des Themas „Funktionsteilung zwischen Mensch und Maschine“ ist. Im traditionellen Ansatz wird die Leistung eines Operateurs bei der Überwachung, Steuerung und Regelung eines Prozesses in Echtzeit analysiert und der Leistungsfähigkeit eines technischen Assistenzsystems gegenübergestellt, welches die gleichen Funktionen ausübt (Parasuraman et. al 2000). Hinter der Qualität einer Automatik steht jedoch die Leistung der Systementwickler (Norman 2007). Ein automatisches System kann nur so gut sein, wie die Antizipationsfähigkeit der Entwickler hinsichtlich verschiedener Aspekte des zu unterstützenden Prozesses. Die Antizipation zukünftiger Systemprozesse und -störungen stellt die Grundlage für die Entscheidung der Entwickler dar, welche Funktionen notwendig und welche davon automatisiert oder durch den Operateur ausgeführt werden sollen. Die Antizipationsgüte kann durch Ressourcen der Entwickler beeinflusst werden. Ein Ziel des Projekts soll es sein, diejenigen Ressourcen zu identifizieren, welche eine positive Auswirkung auf die verschiedenen Phasen des Entwicklungsprozesses und des -ergebnisses haben.

Im ATEO Projekt existiert parallel zu diesem Vorhaben ein Weiteres, in dessen Zentrum der Operateur und seine Ressourcen stehen. Das Endziel beider Dissertationen soll die Zusammenführung und der Vergleich ihrer Ergebnisse zur Erreichung einer kompetenzförderlicheren und zuverlässigeren Funktionsteilung zwischen Mensch und Maschine sein. Verglichen werden sollen die durch Entwickler konzipierten und implementierten Assistenzfunktionen mit dem Operateursverhalten, jeweils entstanden unter den optimalen Ausprägungen der in den vorhergehenden Untersuchungen identifizierten Ressourcen. Aufgeklärt werden soll damit die Fragestellung, welche Funktionen besser durch den Operateur und welche besser durch die Automatik ausgeübt werden sollten.

Für die empirische Umsetzung verwenden beide Vorhaben dieselbe komplexe Mi-

krowelt, die sog. Socially Augmented Microworld (SAM) (Gross & Nachtwei 2007). Dadurch soll die Vergleichbarkeit der Ergebnisse gewährleistet werden. Sam besteht aus zwei Mikroweltbewohnern (MWB) die eine kooperative Trackingaufgabe bewältigen müssen, d.h. sie müssen ein kleines rundes Objekt auf einer virtuellen Straße entlang steuern. Dabei muss das Objekt so genau und so schnell wie möglich zum Ziel geführt werden. Aufgrund des Streckenaufbaus (Kurven, Gabelungen, statische und dynamische Hindernisse) ist eine Unterstützung notwendig. Einzelne Unterstützungsfunktionen können einerseits durch einen Operateur andererseits durch eine technische Assistenz ausgeübt werden. Im Projekt ATEO ist es die Aufgabe der Entwickler die technischen Assistenzsysteme für die Unterstützung des Operators bei der Prozessführungsunterstützung von SAM unter Einsatz der zu untersuchenden Ressourcen zu entwickeln.

Das Projekt befindet sich mittlerweile in der zweiten Phase. In der ersten Phase konnte auf Seiten der Entwicklerperspektive in einem Extremgruppenansatz gezeigt werden, dass die Ressourcen „Interdisziplinarität“, „Erfahrung mit Entwicklungsarbeiten“ und „Kontakt mit dem System“ der Entwicklerteams kombiniert zu einer Leistungssteigerung der Entwickler führen, d.h. zur Konzeption umfangreicherer Assistenzsysteme (Henkel 2007). Die zweite ATEO-Phase dient der Fortführung der bisherigen Forschungsbemühungen und knüpft somit direkt an die Ergebnisse der ersten Phase an. Als Nächstes soll der Einfluss der Ressource „Informationsmenge“ auf die Antizipationsgüte von zu unterstützenden Konfliktsituationen über die Leistung der Entwickler experimentell überprüft werden, da sie einen Teil der bereits untersuchten Ressource „Kontakt mit dem System“ ausmachte. Die Basis für den Erfolg jeglicher Entwicklungsarbeiten ist die zur Verfügung stehende Information über das zu lösende Problem. Diese bietet dem Entwickler erst die Möglichkeit zur Antizipation von Konflikten. Die Antizipation stellt somit eine vermittelnde Variable zwischen der Information und der Leistung eines Entwicklers dar.

Eine gute Systementwicklungsarbeit erfolgt strukturiert mit einem systematischen Methodeneinsatz. Zuerst führen Entwickler auf Grundlage der vorhandenen Informationen eine Aufgaben-, Benutzer- und Organisationsanalyse durch. Hieraus lassen sich die Anforderungen ableiten, die an das System gestellt werden. Aus den Anforderungen ergeben sich wiederum die Entwicklungsziele für das System. Diese Ziele müssen im Entwicklungsprozess erreicht werden, damit das System die Benutzer optimal bei ihren Aufgaben unterstützt. Im Rahmen des Projekts ATEO stellt das zu entwickelnde System die automatische Assistenz dar, welche Aufgaben des Benutzers, sprich des Operators von SAM, übernehmen soll.

Es ist anzunehmen, dass je mehr Informationen Entwicklern über ein System, dessen Benutzer und deren Aufgaben zur Verfügung stehen, desto detailliertere Analysen können durchgeführt werden, desto genauer fällt die Antizipation von Störungen aus und desto präzisere Anforderungen an das Assistenzsystem können daraus abgeleitet werden. Auf der anderen Seite könnte eine geringe Informationsvorgabe als Konsequenz die Entwicklung eines nicht benutzer- und anwendungsgeordneten Assistenzsystems haben, d.h. zu einer ungenügenden Prozessführungsunterstützung von SAM führen.

Die zentrale Forschungsfragestellung lautet:

Welche Bedeutung hat die Ressource Informationsmenge für die Entwicklung von Assistenzsystemen ?

2. Methode

Die Wirkungsweise der Ressource „Informationsmenge“ auf das Entwicklungsergebnis soll mittels eines zwei Gruppen between-subject design überprüft werden. Jede Gruppe soll aus mindestens zehn Entwicklerteams à drei Personen bestehen, um genügend Datenmaterial für die Aufklärung der Forschungsfrage zu erhalten. Aus der Forschung zu Gruppenprozessen ist bekannt, dass die optimale Größe eines Teams zwischen drei und neun Personen liegt. Aufgrund der Versuchsökonomie wird jedoch auf größere Teams verzichtet.

Um mit dieser Untersuchung einen möglichst hohen Bezug zu realen Entwicklungsprojekten zu erreichen, sollen die Teams aus Entwicklerexperten bestehen. Die Entwickler müssen über eine langjährige Erfahrung mit Entwicklungstätigkeiten im Mensch-Maschine-Systeme (MMS) Bereich verfügen. Denn Studien zu strukturierten aber auch zu unstrukturierten Problemen zeigten, dass Experten bei der Lösung eines Problems andere Strategien als Laien verwenden (Anderson 2001; Ahmed et al. 2003). Es sollte sich zudem bei den Entwicklern um IT-Spezialisten, Ingenieure, Usability Experten und Designer handeln, da diese nach Steinheider (2001) am häufigsten in Entwicklungsarbeiten involviert sind.

Die unabhängige Variable (uV) Informationsmenge soll zweifach gestuft variiert werden. Bei der Ausprägung der Ressource für die erste Stufe wurde sich an den von Krinner (2007) verwendeten Informationsquellen für die Ressource „Kontakt mit dem System“ orientiert und diese erweitert. Es werden den Teams mehrere Informationsquellen kombiniert vorgegeben (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1: Kombinierte Informationsquellen für die 1. Stufe der unabhängigen Variable Informationsmenge

Informationsquellen der 1. Stufe der uV Informationsmenge	
zu SAM	
1.	Verhaltensspezifikationsheft
2.	Betrachten der MWB beim kooperativen Tracking per Video
3.	eigene Durchführung der kooperativen Trackingaufgabe
4.	Interview mit MWB
zum Operateur	
1.	Betrachten der Operateure beim Ausführen der Aufgabe per Video
2.	eigene Durchführung der Aufgaben des Operateurs
3.	Interview mit Operateur

Es handelt sich dabei sowohl um Informationen zum System als auch zum Operateur. In realen Entwicklungsprozessen stehen den Entwicklern meist mehrere Informationsquellen zur Verfügung, aus denen dann durch Analyse des Systems, der Benutzer und deren Aufgaben die Anforderungen und daraus die Entwicklungsziele abgeleitet werden können. Besonders wichtig für die Ermittlung der Anforderungen ist der Kontakt mit den Benutzern. Um Nutzererleben neben dem direkten Kontakt mit den Benutzern antizipieren zu können, sind nach Goodman et. al. (2007) zum einen Videos von Benutzern beim Arbeiten mit dem System und zum anderen das eigene Durchführen der typischen Benutzeraufgaben sehr dienlich.

Bei der Untersuchung der Teams der ersten Bedingung soll durch eine Abschlussbefragung aufgeklärt werden, welche Informationsquellen den Entwicklern für ihre Entwicklungsaufgabe fehlten. Die Kombination der genannten Informationsquel-

len und der bereits unter der ersten Bedingung verwendeten Informationsquellen soll die Ausprägung der zweiten Stufe der uV Informationsmenge bilden. Überprüft werden soll, ob die optimale Informationsmenge zu einem System zu einer verbesserten Leistung der Entwickler führt.

3. Auswertung

Als abhängige Variablen (aV) werden pro Bedingung die durchschnittliche Anzahl der konzipierten Assistenzsysteme und die mittlere Anzahl der darin enthaltenen Assistenzfunktionen erfasst und auf Unterschiede zwischen den beiden Stufen der uV Informationsmenge überprüft.

Die Assistenzfunktionen werden zusätzlich in eine geeignete Taxonomie von Assistenzsystemen eingeordnet. Aufgrund des hohen Auflösungsgrads und der Nutzung in den vorhergehenden Untersuchungen ist momentan die Verwendung der Taxonomie von Wandke (2005) geplant. Die Taxonomie besteht aus fünf Dimensionen, wovon die erste sechs Phasen menschlichen Handels unterscheidet. Somit kann mit dieser Taxonomie überprüft werden, welche menschlichen Handlungsphasen durch die Assistenzfunktionen unterstützt werden. Dabei soll die durchschnittliche Anzahl der durch die Assistenzkonzepte unterstützten Handlungsphasen von Interesse sein. Des Weiteren sollen die Häufigkeitsverteilungen der unterstützten Handlungsphasen der beiden Bedingungen verglichen werden.

Um eine valide Einordnung der einzelnen Assistenzfunktionen in die Taxonomie zu erhalten, wird dies durch zwei voneinander unabhängige Urteiler geschehen.

4. Literatur

1. Ahmed, S., Wallace, K.M. & Blessing, L.T.M. 2003, Understanding the differences between how novices and experienced designers approach design tasks, *Research in Engineering Design*, 14, 1-11.
2. Anderson, J.R. 2001, *Kognitive Psychologie*. Heidelberg: Spektrum.
3. Goodman, J., Clarke, S., Langdon, P. & Clarkson, P.J. 2007, Designers' Perceptions of Methods Involving and Understanding Users. In: C. Stephanidis (Edt.), *Universal Access in HCI*, Band 4554. Heidelberg: Springer, 127-136.
4. Gross, B. & Nachtwei, J. 2007, How to develop and use assistance systems efficiently – Using the microworld as a method to acquire knowledge for developers and operators. In: D. de Waard, B. Hockey, P. Nickel & K. Brookhuis (Eds.), *Human Factors Issues in Complex System Performance*. Maastricht, NL: Shaker Publishing, 345-350.
5. Henkel, S. 2007, Entwicklung von Assistenzkonzepten unter verschieden ressourcenreichen Bedingungen, unveröffentlichte Diplomarbeit. Berlin: Humboldt-Universität zu Berlin.
6. Krinner, C. 2007, Developers anticipating users' behavior during design. In: M. Kutar (Edt.), *Psychology of Programming Interest Group: Work-in-Progress Workshop*. Salford: IRIS.
7. Norman, D.A. 2007, *The Design of Future Things*. New York: Basic Books.
8. 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 – Part A: Systems and Humans*, 30, 286-297.
9. Steinheider, B. 2001, Supporting the Co-operation of R&D-Teams in the Product Development Process. In: *Proceedings of the 5th Conference on Engineering Design and Automation*, Las Vegas, Nevada.
10. 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.

Arbeitszufriedenheit in der Sicherheitsbranche: Formen von Arbeits(un)zufriedenheit und deren Konsequenzen für ein mitarbeiterorientiertes Personalmanagement

Susan BUTENHOF

*Fachbereich Polizeivollzugsdienst, FHVR Berlin,
Alt-Friedrichsfelde 60, D-10315 Berlin*

Kurzfassung: Es wird eine geplante Untersuchung vorgestellt, in der die Arbeitszufriedenheit von Sicherheitsmitarbeitern untersucht werden soll. Ziel ist es, unterschiedliche Formen von Arbeits(un)zufriedenheit zu differenzieren, um hieraus Ansätze für ein mitarbeiterorientiertes Personalmanagement zu gewinnen. Neben der Verwendung von Fragebögen sind Interviews geplant.

Schlüsselwörter: Formen von Arbeitszufriedenheit, Berufsbiografie, persönliche Ziele.

1. Die private Sicherheitsbranche und die Notwendigkeit einer Forschung

Die heutigen globalen Herausforderungen erzwingen zunehmend die tiefgründigere Beschäftigung mit Sicherheitsfragen. Unternehmen müssen durch Einrichtung eines umfassenden Sicherheitsmanagements dafür sorgen, dass beispielsweise das Unternehmenswissen geheim bleibt oder dass schädigende und kriminelle Angriffe verhindert bzw. abgewehrt werden. Auch Kommunen müssen ihrer Aufgabe der Herstellung und Aufrechterhaltung von Sicherheit nachgehen, etwa durch die öffentliche Präsenz von Ordnungskräften, durch eine Kooperation zwischen Polizei und Kommune oder auch durch den Einsatz modernster Sicherheitstechnik. Gewerbliche Sicherheitsunternehmen leisten hier einen bedeutenden Anteil, da sie sowohl aus dem privaten als auch aus dem öffentlichen Bereich Aufträge erhalten. Private Sicherheitsunternehmen werden einen wachsenden Beitrag zur lokalen Sicherheit leisten. Es ist daher zwingend notwendig, eine hohe Qualität der Leistung privater Sicherheitsunternehmen zu erreichen.

Die Leistung von Unternehmen bestimmt sich aus der Leistung ihrer Mitarbeiter. Gerade im Sicherheitsbereich ist man daher auf Mitarbeiter angewiesen, die einerseits über eine gute Ausbildung verfügen und andererseits ihre Arbeitsaufgaben mit größter Sorgfalt und Verantwortungsbewusstsein erfüllen. Tatsache ist jedoch, dass viele Mitarbeiter von Sicherheitsfirmen Quereinsteiger sind oder gar keine Ausbildung haben (Gesemann 2004) und die Branche durch hohe Fluktuation, starken Absentismus und einen hohen Krankenstand geprägt ist, was eine geringe Arbeitszufriedenheit vermuten lässt. Die Konsequenzen von Arbeitsunzufriedenheit sind nicht zu vernachlässigen: Fühlen sich Mitarbeitende unwohl und sind unzufrieden, werden sie nicht ihr Bestes geben. Sicherheitsrisiken sind zu befürchten. Die Arbeitszufriedenheit stellt damit eine Schlüsselvariable dar.

Zur Arbeitszufriedenheit in dieser Branche liegen jedoch keine Studien vor, wohingegen dieses Thema beispielsweise in der Polizei umfassend erforscht wurde und die Höhe der Arbeitszufriedenheit ein zentrales Qualitätsmerkmal darstellt (bspw. Bornewasser 2003). Eine Forschung zur Arbeitszufriedenheit im Sicherheitsgewerbe ist daher notwendig.

2. Theoretische Überlegungen zur Arbeitszufriedenheit

2.1 Klassische Definition

Im deutschsprachigen Raum wird Arbeitszufriedenheit definiert als eine Einstellung zur Arbeit und als ein Ergebnis eines „Ist-Soll-Vergleiches“, bei dem kognitive und motivationale Aspekte dieser Einstellung in den Vordergrund gerückt werden (Temme & Tränkle 1996). Soll-Werte sind dabei Ansprüche, Ziele oder Motive einer Person. Ist-Werte werden als Merkmale der tatsächlich vorherrschenden Arbeitssituation gesehen, dies können Arbeitsbedingungen wie ein Schichtsystem aber auch das Verhalten einer Führungskraft sein.

2.2 Formen von Arbeits(un)zufriedenheit und persönliche Ziele

Schon früh wurde als problematisch erkannt, dass in Untersuchungen zur Arbeitszufriedenheit, die auf den gängigen Fragebögen fußten, die überwiegende Zahl der Befragten angab, mit der Arbeit sehr zufrieden zu sein (vgl. Temme & Tränkle 1996). Als Ursache für diese große Zahl zufriedener Mitarbeiter nahmen Bruggemann et al. (1975) verschiedene Typen von Arbeits(un)zufriedenheit an, die mittels einer klassischen Fragebogenuntersuchung der allgemeinen Arbeitszufriedenheit nicht differenziert werden können. Sie unterschieden vier Formen der Arbeitszufriedenheit (progressive, stabilisierte, resignierte und Pseudo-Zufriedenheit) und zwei Formen der Arbeitsunzufriedenheit (fixierte und konstruktive Arbeitsunzufriedenheit).

Obwohl nicht alle diese definierten Typen von Arbeits(un)zufriedenheit auch tatsächlich empirisch nachgewiesen werden konnten (bspw. Bruggemann 1976; Wegge & Neuhaus 2002), ist dieser Ansatz dennoch wertvoll, da die Annahme wichtig ist, dass die Ansprüche der Personen (Soll-Wert) nicht als konstant angenommen werden können. Demnach ist der Ist-Soll-Wert-Vergleich einer Dynamik des Anspruchsniveaus unterlegen, die auch von den Problemlösestrategien und der Frustrationstoleranz der Personen abhängig ist. Spätere Arbeiten (bspw. Büssing 1991; Büssing et al. 2000) bezogen die wahrgenommene Kontrollierbarkeit der Arbeitssituation als Erklärungsvariable der unterschiedlichen Typen der Arbeitszufriedenheit mit ein. Fällt der Ist-Soll-Vergleich beispielsweise diskrepant aus, so würde eine wahrgenommene Unkontrollierbarkeit der Situation zu einer Senkung des Anspruchsniveaus führen (Büssing 1991).

Als wichtige Variable bei der Entstehung unterschiedlicher Formen von Arbeits(un)zufriedenheit ist bereits das Anspruchsniveau genannt worden. Dieses ist nun eng gekoppelt an Ziele, die von Mitarbeitern verfolgt werden. Indem Ziele erreicht werden, steigt das Anspruchsniveau. Andauernde Misserfolge führen zur Senkung desselben. Der der Definition von Arbeitszufriedenheit zugrunde gelegte Ist-Soll-Vergleich kann damit auch mit dem Erreichen von Zielen gleichgesetzt werden. Damit können Ziele als Prädiktoren für Arbeitszufriedenheit dienen (Grant et al. 2006).

Persönliche Ziele werden definiert als „Anliegen, Projekte und Bestrebungen [...], die eine Person in ihrem Alltag verfolgt und in Zukunft realisieren möchte“ (Brunstein & Maier 1996). Im Arbeitskontext werden persönliche Ziele von der betreffenden Person selbst gesetzt, wohingegen Arbeitsaufgaben extern definiert werden (Grant et al. 2006). So besteht eine Arbeitsaufgabe beispielsweise darin, zu bestimmten Zeiten Kontrollgänge vorzunehmen, wohingegen ein persönliches Ziel darin bestehen könnte, den Vorgesetzten zu beeindrucken, um befördert zu werden.

2.3 „affective events“-Theorie

Arbeitszufriedenheit wurde stets als kognitives Konstrukt angesehen, der Einfluss von Emotionen wurde indes kaum beachtet (bspw. Temme & Tränkle 1996). Neuere Studien beziehen diesen fehlenden Aspekt jedoch zunehmend mit ein (bspw. Fisher 2002; Grandey et al. 2002). Belebt wurden diese Studien durch die im anglo-amerikanischen Raum entstandene „affective events“-Theorie (Weiss & Cropanzano 1996), die annimmt, dass Emotionserlebnisse und Stimmungen bei der Arbeit und Arbeitszufriedenheit zusammenhängen.

Die Zusammenführung von Typen von Arbeitszufriedenheit (Bruggemann et al. 1975) und der „affective events“-Theorie kann einen lohnenden Ansatz darstellen. Erste Ergebnisse zeigen, dass stabilisierte Arbeitszufriedene besonders wenige negative Emotionen erleben (Wegge & Neuhaus 2002). Bezogen auf persönliche Ziele wird angenommen, dass positive Emotionen bei Erfolgen und negative Emotionen bei Misserfolgen oder erlebten Hindernissen bestehen.

2.4 Einfluss der Berufsbiografie

Bezogen auf die Entstehung der Formen der Arbeits(un)zufriedenheit muss festgehalten werden, dass diese sich über einen gewissen Zeitraum hinstreckt: So ist die Entwicklung einer beispielsweise fixierten Arbeitsunzufriedenheit ein Resultat eines langfristigen Konfliktes zwischen dem eigenen Anspruchsniveau und den organisationalen Bedingungen und Strukturen (Büssing et al. 1999).

Des Weiteren ist das persönliche Anspruchsniveau sicherlich auch abhängig von Sozialisationserfahrungen. Besonders die berufliche Entwicklung kann entscheidende Hinweise darauf geben, welche Erfahrungen aus der biografischen Entwicklung für die Bildung von Zielen und damit auch für das Anspruchsniveau dienlich sind.

3. Fragestellungen

In der geplanten Untersuchung soll der Frage nachgegangen werden, wie die Arbeitszufriedenheit in der Sicherheitsbranche bezogen auf die bestehenden Arbeitsbedingungen ausgeprägt ist. Dabei soll zwischen unterschiedlichen Formen der Arbeits(un)zufriedenheit unterschieden werden. Welche Arbeitsbedingungen bedingen welche Formen der Arbeits(un)zufriedenheit? Welchen Einfluss hat beispielsweise das Führungsverhalten oder das Klima auf die Zufriedenheit? Welchen Einfluss hat hierbei die berufliche Biografie? Welche Zusammenhänge gibt es zwischen dem emotionalem Erleben und den Formen der Arbeits(un)zufriedenheit? Unterscheiden sich die verschiedenen Formen der Arbeits(un)zufriedenheit hinsichtlich der Bildung und Bewertung von persönlichen Zielen? Welche Formen der Arbeits(un)zufriedenheit führen eher zu einer Kündigungsneigung, geringem Wohlbefinden und geringem Commitment?

Aus der Beantwortung dieser Fragen, die noch erweitert oder konkretisiert werden müssen, sollen Schlussfolgerungen für ein mitarbeiterzentriertes Personalmanagement gezogen werden.

4. Geplante methodische Vorgehensweise

Zur Untersuchung der Arbeitszufriedenheit in der Sicherheitsbranche ist eine Kombination von qualitativen und quantitativen Methoden geplant. Einerseits sollen z.B. Arbeitsbedingungen oder Commitment mittels standardisierter Fragebögen erfasst werden, andererseits sollen Interviews durchgeführt werden, um eine Einordnung der Formen der Arbeits(un)zufriedenheit zu ermöglichen. Auch die berufliche Entwicklung lässt sich anhand von Interviews besser erfassen. Zur Erhebung der Ziele und ihrer Bewertung ist es geplant, die Personal Projects Analysis (Little 1983) anzuwenden und diese gegebenenfalls noch zu modifizieren.

Es ist beabsichtigt zunächst Fragebögen an mehrere Sicherheitsunternehmen zu senden. Die Teilnehmer dieser Fragebogenuntersuchung sollen nach ihrer Bereitschaft gefragt werden, an einem Interview teilzunehmen. Personen, die sich hiermit einverstanden erklären, werden dann interviewt.

5. Literatur

1. Bornewasser, M. 2003. Mitarbeiterzufriedenheit bei der Polizei – Zufriedenheit in der Sache und Unzufriedenheit mit den Führungsstrukturen, *Polizei & Wissenschaft*, 2/2003, 70-82.
2. Bruggemann, A. 1976, Zur empirischen Untersuchung verschiedener Formen von Arbeitszufriedenheit, *Zeitschrift für Arbeitswissenschaft*, 30, 71-74.
3. Bruggemann, A., Groskurth, P. & Ulich, E. 1975, *Arbeitszufriedenheit*. Bern: Huber.
4. Büssing, A. 1991, Struktur und Dynamik von Arbeitszufriedenheit: Konzeptuelle und methodische Überlegungen zu einer Untersuchung verschiedener Formen von Arbeitszufriedenheit. In L. Fischer (Hrsg.), *Arbeitszufriedenheit, Beiträge zur Organisationspsychologie 5*. Göttingen: Hogrefe, 85-114.
5. Büssing, A., Bissels, T., Herbig, B. & Krüsken, J. 2000, Formen von Arbeitszufriedenheit im Experiment: Differentielle Auswirkungen auf die Beziehung von Handeln und Wissen, *Zeitschrift für Arbeits- und Organisationspsychologie*, 44, 27-37.
6. Büssing, A., Bissels, T., Fuchs, V. & Perrar, K. 1999, A Dynamic Modell of Work Satisfaction: Qualitative Approaches, *Human Relations*, 52, 999-1028.
7. Brunstein, J.C. & Maier, G.M. 1996, Persönliche Ziele: Ein Überblick zum Stand der Forschung, *Psychologische Rundschau*, 47, 146-160.
8. Fisher, C.D. 2002, Antecedents and Consequences of Real-Time affective Reactions at Work, *Emotion and Motivation*, 26, 3-30.
9. Gesemann, F. 2004, *Öffentliche Sicherheit durch private Dienste, Rechtsgrundlagen – Aufgabenfelder - Qualifikationsbedarf*. Berlin: Berliner Wissenschafts-Verlag.
10. Grant, A.M., Little, B.R. & Phillips, S.D. 2006, Personal projects and organizational lives. In: B.R. Little, K. Salmela-Aro & S.D. Phillips (Eds.), *Personal project pursuit: Goals, action, and human flourishing*. Mahwah, NJ: Erlbaum, 221-246.
11. Little, B.R. 1983, Personal Projects: A Rational and Method for Investigation, *Environment and Behavior*, 15, 273-309.
12. Temme, G. & Tränkle, U. 1996, Arbeitseemotionen – Ein vernachlässigter Aspekt in der Arbeitszufriedenheitsforschung, *Arbeit*, 5, 275-297.
13. Wegge, J. & Neuhaus, L. 2002, Emotionen bei der Büroarbeit am PC: Ein Test der „affective events“-Theorie, *Zeitschrift für Arbeits- und Organisationspsychologie*, 46, 173-184.
14. Weiss, H.M. & Cropanzano, R. 1996, Affective events theory: A theoretical discussion of the structure, causes and consequences of affective experiences at work, *Research in Organizational Behavior*, 18, 1-74.

Situation Awareness und emotionale Aspekte in der dreidimensionalen Prozessüberwachung

Denise GRAMß

*Technische, Universität Braunschweig,
Bienroder Weg 97, D-38106 Braunschweig*

Kurzfassung: Eine mögliche Verbesserung der Arbeit in Prozessüberwachungstätigkeiten ist eine veränderte Visualisierung des zu überwachenden Prozesses. In der vorliegenden Untersuchung soll nicht nur die Darstellung, also die Ausgabeseite der Interaktion betrachtet werden, sondern vor allem die Eingabeseite. Es werden mögliche Einflussfaktoren für die Prozessnähe gesucht, um die Überwachung und Steuerung des Prozesses zu optimieren. Die Grundlagen für die Betrachtung der dreidimensionalen Prozesssteuerung bilden situation awareness, ergänzt durch affektive Faktoren.

Schlüsselwörter: Prozessführung, 3D, situation awareness.

1. Operateure in der Überwachung eines teilautomatisierten Prozesses

Operateure, die in einer Leitwarte einen Prozess überwachen, sind bei optimalem Ablauf der Produktion in einem teilautomatisierten System nicht eingebunden. Treten jedoch Abweichungen vom normalen Verlauf auf, muss der Operateur möglichst schnell adäquat eingreifen können. Das setzt voraus, dass er über ein situationales Modell des Prozesszustandes verfügt. In der vorliegenden Arbeit sollen Aspekte, die Einfluss auf die Prozessnähe haben können, untersucht werden. Dabei liegt der Fokus sowohl auf dem Wissen des Operators über den Zustand des Systems, der situation awareness, aber auch auf emotionalen Aspekten, die bei der Arbeit am Überwachungsbildschirm eine Rolle spielen könnten.

Für die Untersuchung wird der Prozess einer Hydraulikpresse zur Herstellung von Holzwerkstoffplatten genutzt. Dieser ist teilautomatisiert, d.h. das situationsbezogene und adäquate Eingreifen des Operators ist unabdingbar. Bei Abweichungen, die vom System selbst nicht reguliert werden können, ist es Aufgabe des überwachenden Operators, möglichst schnell und korrekt zu reagieren.

Dazu muss der Operateur über Wissen zum aktuellen Zustand des Systems verfügen, aufgrund dessen er die richtige Regulationsmöglichkeit auswählen und ausführen kann. Eine ausreichende Prozessnähe des Operators ist eine zwingende Voraussetzung. Das Ausmaß der Prozessnähe ist nach Ulich (2001, S. 301) durch die „Möglichkeiten des Einsatzes der unmittelbaren – oder nachvollziehbar vermittelten – sinnlichen Wahrnehmung zur Überwachung von Bearbeitungsprozessen und zur Störungsbeseitigung“ gekennzeichnet. Eine wesentliche Voraussetzung zur Überwachung und Steuerung eines Prozesses ist zunächst die Wahrnehmung und folgend die Interpretation einzelner Elemente auf dem Überwachungsbildschirm. Außerdem muss er die Bedeutung einzelner Systemkomponenten für den gesamten Prozess verstehen, um adäquat handeln zu können.

2. Theoretischer Ansatz

2.1 *Situation awareness*

Ein Konzept, das Prozesse der Wahrnehmung, Interpretation und Vorhersage von zukünftigen Systemzuständen beschreibt, ist situation awareness. Endsley (2001) definiert dieses als „the perception of the elements in the environment within a volume of time and space, the comprehension of their meaning and the projection of their status in the near future“ und unterscheidet drei Ebenen von situation awareness. Auf der ersten Ebene werden Zustände, Eigenschaften und die Dynamik einzelner Elemente der Umwelt wahrgenommen. Auf Ebene zwei, als Verstehensebene bezeichnet, werden die Situationselemente integriert und zu einem ganzheitlichen Bild zusammengefügt, in dem jedem Element eine Bedeutung zugeordnet wird. Ebene drei, die höchste Ebene von situation awareness, umfasst Vorhersagen zum zukünftigen Verhalten der Elemente in der Umwelt. Für die Generierung dieser Annahmen ist sowohl das Wissen über Zustände und Dynamik der Elemente als auch das Verstehen der Situation notwendig. Situation awareness wird somit als internes Modell des Operators über seine Umwelt verstanden, das ihn bei der Überwachung einer Situation und der Auswahl einer richtigen Aktion leitet. Die Ausführung von Handlungen und die Veränderung des Zustandes in einem dynamischen System erfordern wiederum ein ständiges Aktualisieren des situationalen Abbilds (Baumann et al. 2006; Urbas & Leuchter 2002). Bei großem Aufwand ist es jedoch möglich, nur einzelne Elemente zu aktualisieren. Die Selektion setzt die Kenntnis der Bedeutung der Elemente voraus (Urbas & Leuchter 2002). Die Vermittlung der Systemzustände an den Operator erfolgt über Schnittstellen und kann somit durch Gestaltung der Datenvisualisierung beeinflusst werden.

2.2 *Emotionale Aspekte und Präsenz in der Mensch-Technik-Interaktion*

Neben kognitiven Prozessen in der Mensch-Technik-Interaktion werden in Anwendungsfeldern der Produkt- und Interfacegestaltung Emotionen und Nutzererleben betrachtet. Mahlke & Thüring (2007) unterscheiden drei Komponenten des Nutzererlebens, die zur Bewertung eines Systems beitragen. Sie nehmen an, dass aufgabenbezogene und nicht-aufgabenbezogenen Qualitäten emotionale Reaktionen des Nutzers beeinflussen. Hassenzahl (2003) betrachtet die Stimulation des Nutzers als einen Aspekt der hedonischen Eigenschaften eines Produktes. Die Aufmerksamkeit wird angeregt und mangelnder Motivation entgegengewirkt. Auch Normans Modell des emotional designs (Norman 2004) betrachtet den Einfluss von emotionalen Zuständen auf die Nutzung von Objekten. Er unterscheidet drei Ebenen: Auf der ersten Ebene (visceral level) werden Beurteilungen aufgrund äußerer Eigenschaften des Objekts wahrgenommen, physiologische und Verhaltensreaktionen gezeigt. Ebene zwei (behavioral level) umfasst menschliches Verhalten. Die Handlungen können durch die dritte Ebene (reflective level) gefördert oder gehemmt werden. Entsteht also ein positives Gefühl bei der Nutzung eines Objekts, wird beim Auftreten eines Problems leichter eine alternative Lösung gefunden. Die genannten Ansätze machen deutlich, dass emotionale Aspekte bei der Nutzung und Bewertung von Technik durchaus eine Rolle spielen. Die visuelle Gestaltung hat somit einen Einfluss darauf, wie positiv oder negativ ein technisches System wahrgenommen und genutzt wird.

Im Bereich der virtuellen Realität spielt das Präsenzerleben eine besondere Rolle. Präsenz beschreibt nach Witmer & Singer (1998) die Erfahrung an einem be-

stimmten Platz zu sein, obwohl man physikalisch an einem anderen Ort ist. Die Autoren unterscheiden zwischen Immersion, die Selbstwahrnehmung des vollständigen Eingebundenseins in die medialisierte Umwelt und Involvement, einem psychologischen Zustand, bei dem die Aufmerksamkeit auf Stimuli und Ereignisse der virtuellen Umgebung gerichtet ist. Präsenzepfinden kann durch Steigerung der Kontrolle erhöht werden, indem der Nutzer die Möglichkeit der Antizipation und Modifikation der Ereignisse in der virtuellen Umgebung erhält. Huang & Alessi (1999) betonen den Einfluss von Emotionen auf Verhalten, Kognition und bewusste sowie unbewusste Interaktionen zwischen Individuum und Umwelt. Demnach sollten Emotionen als Teil der subjektiven Bewertung auch Einfluss auf das Präsenzepfinden der Person haben. Die Ausrichtung der Aufmerksamkeit auf die mediale Umwelt kann somit beim Nutzer zu emotionalen Veränderungen führen.

3. Gestaltung der Interaktion

Um ein besseres Prozessverständnis und eine höhere Prozessnähe zu erreichen, wurde und wird der Einsatz dreidimensionaler Datenvisualisierungen untersucht. Im Forschungsprojekt PAST-P wird die Darstellung in Form eines dreidimensionalen Surface-plot genutzt, um den Prozess der Hydraulikpresse zu visualisieren. Als Surface-plot werden dreidimensionale Datenfelder bezeichnet, die in Abhängigkeit von den Prozesswerten an einzelnen Messstellen eine interpolierte Fläche bilden. Analog zum laufenden Prozess wird somit auf dem Bildschirm eine sich bewegende Fläche dargestellt, die den stetigen Fortschritt der Produktion abbildet. Gitternetzlinien ermöglichen das bessere Erkennen von Abweichung nach oben und unten. Außerdem kennzeichnen Farben den Grad der Abweichung vom Normalverlauf. Das verwendete Farbspektrum erstreckt sich von blau bis rot. Verläuft der Prozess unproblematisch ist die Darstellung grün.

Die dreidimensionale Visualisierung von Daten betrachtet jedoch lediglich die Ausgabeseite der Prozessführung. Da aber in einem teilautomatisierten System eine Eingabe durch den Operateur erforderlich ist, fokussiert die vorliegende Arbeit auf diese Seite der Interaktion. Im heutigen Arbeitsprozess überwacht der Operateur am Bildschirm den reibungslosen Ablauf und greift bei Abweichungen ein, indem Korrekturdaten über eine Tastatur in eine Tabelle eingegeben werden.

Durch das Bestreben, die Interaktion auf der Eingabeseite in der gleichen Dimensionalität und grafischen Form der Ausgabeseite zu gestalten, soll die Arbeit des Operateurs verbessert werden. Im konkreten Fall bedeutet dies die Anwendung eines Surface-plots zur Visualisierung des Prozesses und die Übernahme als Interaktionsfläche in den Eingabebereich, so dass die Eingabe der Daten nicht mehr numerisch, sondern grafisch erfolgt.

4. Fragestellungen

4.1 Gleiche Dimensionalität und situation awareness

Zunächst soll für den Prozess einer Hydraulikpresse zur Spanplattenherstellung zu einer dreidimensionalen Datenvisualisierung eine dreidimensionale Eingabegestaltung entwickelt werden. Damit soll getestet werden, inwiefern die Erhaltung der gleichen Dimensionalität in der Ein- und Ausgabe einen Einfluss auf die situation

awareness hat. Führt die Verwendung von 3D-Darstellungen zu höherer situation awareness beim Operateur ? Können problematische Abweichung vom Normalverlauf schneller und besser erkannt werden ?

4.2 Emotionale Einbindung des Operators

Des Weiteren soll untersucht werden, inwiefern die Verwendung von 3D in der Ein- und Ausgabe von Prozessdaten die emotionale Einbindung des Operators in den Prozess fördert. Bolte (1993) betont in Analysen von Facharbeitertätigkeiten in rechnergestützten Produktionssystemen die besondere Bedeutung von Gefühlen bei der Nutzung von Erfahrungswissen. Demnach entsteht durch das Erleben der Konsequenz der eigenen Planung eine emotionale Beziehung zum Resultat der Arbeit. Übertragen auf die Prozessführung würde eine Verantwortlichkeit gegenüber der Arbeit entstehen, die in Aufmerksamkeit und Sensibilität für das Prozessgeschehen resultiert. Da die dreidimensionale Darstellung in Form eines Surface-plot dem ablaufenden Prozess sehr ähnlich ist, kann die Konsequenz von Handlung bzw. Nicht-Handlung des Operators direkt am Bildschirm beobachtet werden. Außerdem wird angenommen, dass die farbliche Gestaltung sowie der stete Fluss der Bewegung der dargestellten Fläche einen emotionalen Aspekt vermitteln. Es soll auf Grundlage der Erkenntnisse zu Emotionen in der Mensch-Technik-Interaktion ein Instrument entwickelt werden, dass die emotionale Einbindung des Operators in den Prozess misst. Vermittelt 3D in der Prozessführung emotionale Aspekte? Entsteht dadurch eine höhere Prozessnähe?

5. Literatur

1. Baumann M.R.K., Petzoldt, T. & Krems, J. 2006, Situation Awareness beim Autofahren als Verstehensprozess, MMI-Interaktiv, Nr. 11, Dez. 2006.
2. Bolte, A. 1993, Planung durch Erfahrung. Arbeitsplanung und Programmerstellung als erfahrungsgeleitete Tätigkeiten von Facharbeitern mit CNC-Werkzeugmaschinen. Kassel: Institut für Arbeitswissenschaft.
3. Endsley, M.R. 2001, Designing for situation awareness in complex systems. In: Proceedings of the Second International Workshop on Symbiosis of Humans, Artifacts and Environment, Kyoto, Japan.
4. Hassenzahl, M. 2003, The thing and I: Understanding the relationship between user and product. In: M. Blythe, C. Overbeeke, A.F. Monk & P.C. Wright (Eds.), Funology: From Usability to enjoyment. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 31-42.
5. Huang, M.P. & Alessi, N.E. 1999, Presence as an Emotional Experience. In: J.D. Westwood, H.M. Hoffman, R.A. Robb & D. Stredney (Eds.), Medicine Meets Virtual Reality: The Convergence of Physical and Informational Technologies Options for a New Era in Healthcare. Amsterdam: IOS Press, 148-153.
6. Mahlke, S. & Thüring, M. 2007, Studying Antecedents of Emotional Experiences in Interactive Contexts. In: CHI 2007 Proceedings. New York: ACM Press, 915-918.
7. Norman, D. 2004, Emotional design: Why we love (or hate) everyday things. New York: Basic books.
8. Ulich, E. 2001, Arbeitspsychologie. Zürich vdf.
9. Urbas, L. & Leuchter, S. 2002, Modellgestütztes situation awareness-Training für komplexe und dynamische Mensch-Maschine- Systeme. In: R. Marzi, V. Karavezyris, H.-H. Erbe & K.-P. Timpe (Hrsg.), Bedienen und Verstehen, 4. Berliner Werkstatt Mensch- Maschine-Systeme. Düsseldorf: VDI-Verlag, 71-85.
10. Witmer, S.M. & Singer, M.J. 1998, Measuring Presence in Virtual Environments: A Presence Questionnaire, Presence, Teleoperators, and Virtual Environments, 7, 225-240.

Methodische Gestaltung von Aufgabenprofilen in Produktionsbereichen der Automobilindustrie

Matthias KUNZE, Stev GLÖCKNER und Birgitt SPANNER-ULMER

*Professur Arbeitswissenschaft, Institut für Betriebswissenschaften
und Fabriksysteme, Technische Universität Chemnitz,
Erfenschlager Straße 73, D-09125 Chemnitz*

Kurzfassung: Komplexe Organisationsstrukturen in Produktionsbereichen der Automobilindustrie bestehen in der Regel aus mehreren Hierarchieebenen mit unterschiedlichen Verantwortungsbereichen. Insbesondere in gewachsenen Strukturen beinhaltet eine solche Organisation die grundsätzliche Problemstellung, dass die Verantwortungswahrnehmung der Mitarbeiter teilweise sehr unterschiedlich ausgeprägt ist. In der Folge ergeben sich voneinander abweichende Rollenverständnisse, die u.a. zu keiner oder einer redundanten Bearbeitung von Arbeitsaufgaben führen können. Um die Verschwendung von Ressourcen zu minimieren und eine prozessoptimierte Ausführung der Aufgaben zu realisieren, ist es notwendig mit Hilfe einer methodischen und ganzheitlichen Vorgehensweise, idealtypische Aufgabenprofile zu erarbeiten. Ziel ist die Entwicklung einer systematischen Vorgehensweise zur methodischen Gestaltung von Aufgabenprofilen in Produktionsbereichen. Ein wesentliches Element stellt in diesem Zusammenhang die Berücksichtigung der dynamischen Anpassung an veränderte Rahmenbedingungen dar. Als Folge der Installation veränderter Aufgabenprofile generieren sich neue Kompetenzanforderungen an die betroffenen Mitarbeiter. Dies erfordert die Entwicklung eines modularen Kommunikationskonzeptes, welches entsprechende Kompetenzen Mitarbeitern zielgerichtet vermitteln.

Schlüsselwörter: Verantwortungswahrnehmung, Qualifizierung, Prozessoptimierung.

1. Ausgangslage

Komplexe Abläufe in Unternehmen führen dazu, dass es insbesondere in gewachsenen Strukturen für die Mitarbeiter oftmals schwierig ist nachzuvollziehen woher Informationen kommen, wer für die Bearbeitung verantwortlich ist und welche Kompetenzen und welche Informationen für die Erfüllung der Arbeitsaufgabe relevant sind. Wie in Abbildung 1 dargestellt, ist dies oftmals mit entsprechend negativen Auswirkungen auf die Verantwortungswahrnehmung verbunden.

Eine klare Definition der Aufgaben und Verantwortlichkeiten als Grundlage einer effizienten Verantwortungswahrnehmung, bildet einen wesentlichen Schritt im Rahmen einer zielgerichteten Verbesserung der Verantwortungswahrnehmung. Die Sicherung des notwendigen Rollenverständnisses und der erforderlichen Kompetenzen bei den ausführenden Mitarbeitern stellt in diesem Zusammenhang eine weitere Herausforderung dar.

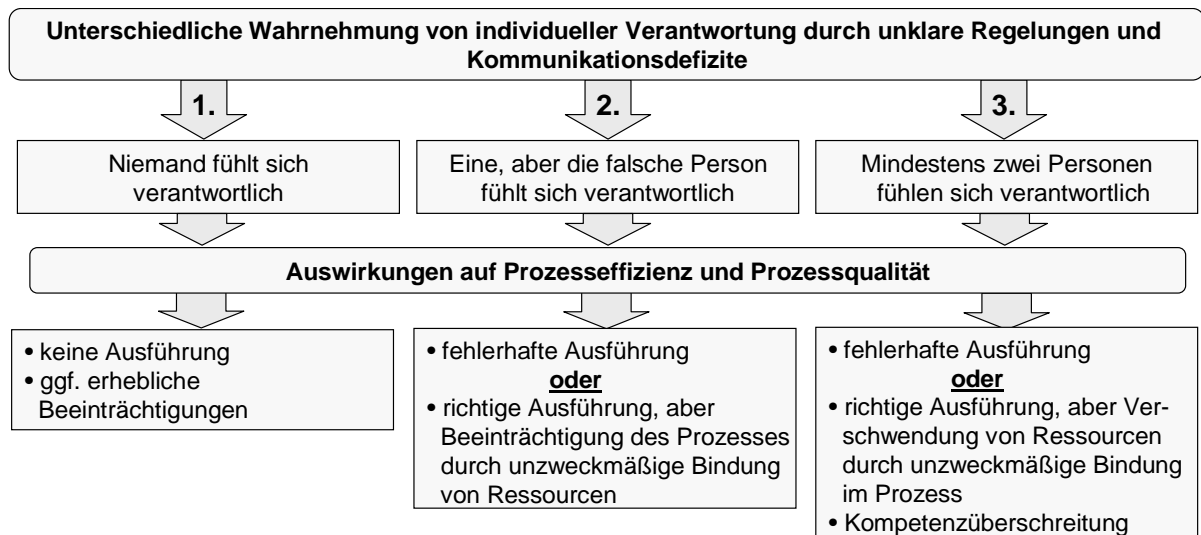


Abbildung 1: Auswirkungen einer unterschiedlichen Verantwortungswahrnehmung

2. Handlungsfelder und Ziele

Aus der im Kapitel 1 beschriebenen Ausgangslage lassen sich zwei grundlegende Handlungsfelder ableiten. Das erste Handlungsfeld liegt in einer auf einen effizienten Produktionsprozess abgestimmten Aufgabenverteilung, welche unter Anwendung einer methodischen Vorgehensweise abgeleitet werden soll. Daraus ergibt sich die Zielstellung der Entwicklung einer allgemeingültigen Methodik zur Deduktion von funktionsspezifischen Aufgabenprofilen.

Das zweite Handlungsfeld zielt auf die Installation der Aufgabenprofile bei den Mitarbeitern in den verschiedenen Hierarchieebenen ab. Ziel muss die Entwicklung einer Installationsstrategie sein, welche die Schaffung des notwendigen Rollenverständnisses und der erforderlichen Kompetenzen auf Seiten der Mitarbeiter sicherstellt.

Damit ist eine eindeutige Definition aller für die Aufgabendurchführung notwendigen Informations- und Kommunikationsprozesse sowie der dazugehörigen Schnittstellen verbunden. Ein wesentliches Element stellt bei dieser Untersuchung die Berücksichtigung der dynamischen Anpassung an die sich ständig verändernden Rahmenbedingungen dar.

3. Vorgehensweise

3.1 Methodik – Ableitung von Aufgabenprofilen

Grundlegend wird bei der Erstellung von Aufgabenprofilen in zwei große Phasen unterschieden. Zum einen der Analysephase, in der sämtliche Dokumente wie Aufgabenbeschreibungen, Zeitanalysen, Mitarbeiterbefragungen und ähnliches intensiv analysiert und systematisch dokumentiert werden. Zum anderen die Konzeptphase, diese ist geprägt von einem chronologischen Ablauf (vgl. Abb. 2) mit den folgenden Bearbeitungsschritten.

In einem ersten Schritt werden die Aufgaben anhand funktionaler Merkmale zu Aufgabenklassen zusammengefasst, um damit die Übersichtlichkeit über die Menge

der Einzelaufgaben zu gewährleisten. Diese Form der Aufgabenzuordnung ermöglicht die präzise und transparente Identifizierung redundanter bzw. fehlender Zuständigkeiten. In einem zweiten Schritt erfolgen die Bildung von Profilkriterien und die sich anschließende Charakterisierung der Aufgaben mittels dieser Profilkriterien. Diese Charakterisierung ermöglicht eine eindeutige Zuordnung der Aufgaben zu den entsprechenden betrieblichen Hierarchieebenen. Die Ableitung der richtigen Profilkriterien stellt einen wichtigen Bearbeitungsschwerpunkt in der Entwicklung der Methodik dar. Ein erster Ansatz zur Festlegung dieser Profilkriterien ist die Herausarbeitung von Profilfragen, welche eine Ableitung von Profilkriterien unterstützen. Beispiele dafür sind z.B.: „Wo findet die Tätigkeit statt?“ oder „Welche Befugnisse sind nötig?“.

Im Weiteren ist die Einbindung ein „Plausibilitätsprüfung“ Bestandteil der Methodik (Schritt 3). Diese beinhaltet eine Überprüfung der Aufgaben bzgl. ihres Aufwand-Nutzenverhältnisses und unterstützt damit effiziente Produktionsprozesse.

Ein weiterer Schritt der Methodik bildet die zeitliche Bewertung und Optimierung der entwickelten Aufgabenprofile um ggf. Überlastungen bzw. Unterforderungen auszuschließen (Schritt 4). Den letzten Schritt (5) bildet die Ableitung notwendiger Qualifikationsanforderungen. Dabei werden die entsprechenden Qualifikationsanforderungen auf Grundlage der entwickelten Aufgabenprofile abgeleitet.



Abbildung 2: Methodik zur Entwicklung von Aufgabenprofilen

3.2 Installation der Aufgabenprofile (Qualifikation der Mitarbeiter)

Ausgehend von den entwickelten Aufgabenprofilen verschiedener Mitarbeiter und den damit verbundenen Qualifikationsanforderungen liegt der Fokus bei der Installation der Aufgabenprofile zum einen in der Erzeugung des notwendigen Rollenverständnisses und zum anderen in der Vermittlung der für die Ausführung der Aufgaben erforderlichen Kompetenzen. Zur Unterstützung der Installation wird ein mitarbeiterorientiertes Qualifizierungskonzept vorgeschlagen. Das bedeutet, die Mitarbeiter werden aktiv in den Lernprozess einbezogen. Für die Planung und Durchführung des Schulungskonzeptes wird das für den strategiebezogenen Informationsprozess bewährte Kaskadenprinzip (vgl. Abb. 3) angewendet.

Charakteristisch für das Kaskadenprinzip ist, dass jede Führungskraft innerhalb

der Organisation die Ziele und Inhalte der Strategie an seine Mitarbeiter kommuniziert. Im Gegenzug erfolgt der Informationsfluss von unten nach oben, indem die Mitarbeiter durch einen „Bottom up“ Prozess die Möglichkeit haben sich bei der Gestaltung der Arbeitsplätze oder der Organisation von Abläufen gezielt einzubringen.

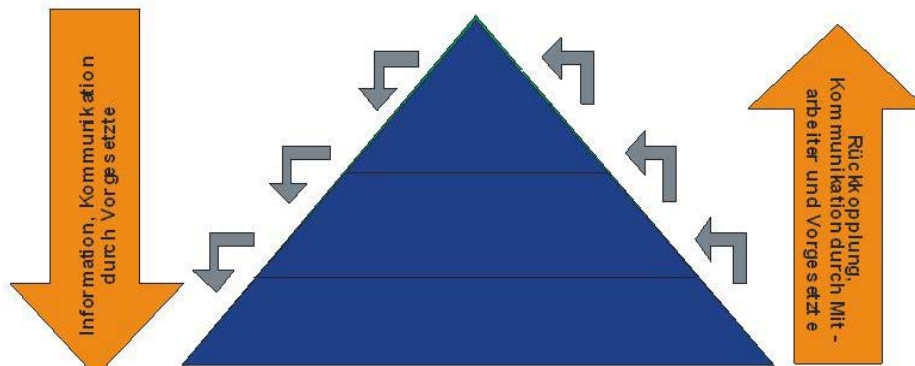


Abbildung 3: Kaskadenprinzip der Kommunikation

Ausgehend vom Kaskadenprinzip als Qualifikationsstrategie, ist in einem nächsten Schritt die konkrete Vorgehensweise zu entwickeln. In diesem Zusammenhang wurde von den Autoren das „Drei-E-Phasenmodell“ erarbeitet (vgl. Abb.4). Dieses Modell bildet mit seinen drei Phasen Erkennen, Erarbeiten und Erleben die Grundlage zur Vermittlung des notwendigen Rollenverständnisses und der erforderlichen Kompetenzen für die neuen Aufgabenprofile.

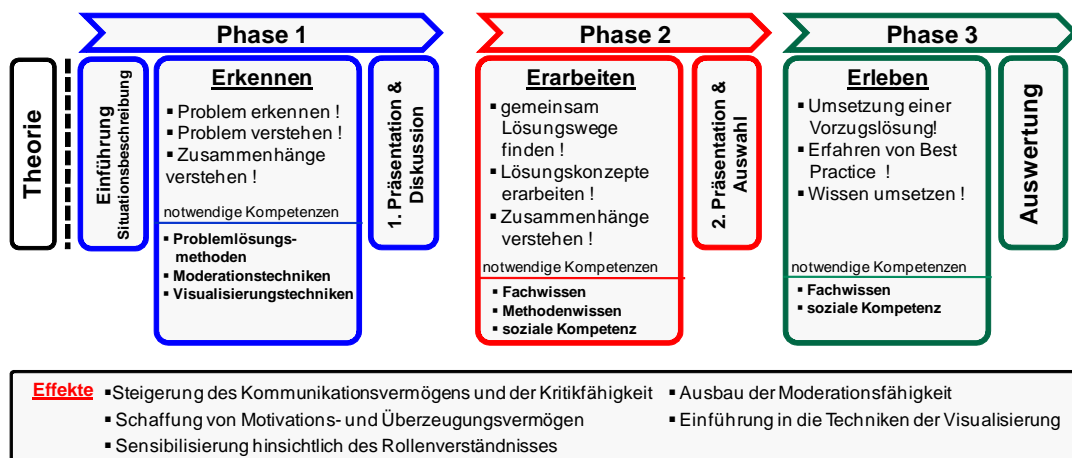


Abbildung 4: Drei-E-Phasenmodell

4. Ausblick

Die nächsten Schritte bilden die Weiterentwicklung der Methodik mit Schwerpunkt auf eine dynamische Anpassung bestehender Aufgabenprofile und die Weiterentwicklung des Drei-E-Phasenmodells zur Unterstützung des Installationsprozesses.

5. Literatur

1. Bullinger, H.-J., Warnecke, H.-J. & Westkämpfer, E. 2003, Neue Organisationsformen im Unternehmen. Berlin: Springer, 24-34.
2. Bötzel, S. & Schwenker, B. 2006, Auf Wachstumskurs. Erfolg durch Expansion und Effizienzsteigerung. Berlin: Springer, 129-130.
3. Hacker, W. 2005, Allgemeine Arbeitspsychologie – Psychische Regulation von Wissens-, Denk- und körperlicher Arbeit. Bern: Hans Huber Verlag, 119-121.
4. Kleinau, T. 2005, Der Rollenwandel im mittleren Management : der Meister als Prozessmanager. Konzeption und Evaluation eines Personal- und Organisationsentwicklungsprojektes zur Förderung der Führungskompetenz in der Automobilindustrie, Dissertation. Braunschweig: Technische Universität Braunschweig, 144.
5. Spath, D. 2003, Ganzheitlich produzieren – Innovative Organisation und Führung. Stuttgart: LOG_X Verlag, 110-111.

Change-Management im Spannungsfeld interkultureller Unterschiede

Ralph HENSEL und Birgit SPANNER-ULMER

*Professur Arbeitswissenschaft,
Institut für Betriebswissenschaften und Fabrikssysteme, TU Chemnitz,
Erfenschlager Straße 73, D-09125 Chemnitz*

Kurzfassung: Der Mensch bestimmt als Treiber und Träger von Change-Prozessen maßgeblich den Erfolg von Veränderungen im Unternehmen. Die Realität zeigt, dass bis zu 75 Prozent (Schreyögg 2000) aller initiierten Change-Prozesse scheitern oder ihre Ziele nicht erreichen. Dies liegt einerseits in der mangelnden Veränderungsfähigkeit von Unternehmen und andererseits der mangelnden Veränderungsbereitschaft der Mitarbeiter begründet. Dieses Problem verschärft sich bei Change-Prozessen an denen Menschen aus unterschiedlichen Kulturen beteiligt sind. In diesem Beitrag wird der Forschungsstand auf dem Gebiet des Change-Managements sowie der interkulturellen Managementforschung analysiert. Auf dieser Basis wird ein eigener Forschungsansatz entwickelt, der im Sinne der Ganzheitlichkeit für eine nachhaltige Implementierung von Veränderungen alle Akteursebenen im Unternehmen einbezieht und insbesondere den kulturellen Hintergrund der Akteure berücksichtigt.

Schlüsselwörter: Change-Management, Change-Prozesse, interkulturelles Management.

1. Motivation

Die Globalisierung ist gekennzeichnet von der Bildung eines weltweiten Marktes für Rohstoffe, Kapital und Arbeit sowie der Entstehung transnationaler Unternehmen, die Einkauf, Produktion, Vertrieb und Marketing global organisieren. Insbesondere die Entwicklung vom lokal zum global agierenden Unternehmen ist mit einer Vielzahl von strukturellen, funktionalen und personellen Veränderungen verbunden, die zu bewältigen sind. Beispielhaft seien Standortverlagerungen genannt, bei denen sich Organisationsstrukturen, Produktionssysteme und Managementkonzepte nicht generell auf ausländische Standorte übertragen lassen. In diesem Zusammenhang spielt beispielsweise auch die Entsendung von Fach- und Führungskräften ins Ausland als Expatriates eine Rolle, etwa um den neuen Standort aufzubauen, vor Ort Arbeitskräfte zu rekrutieren oder an international übergreifenden Entwicklungsprojekten mitzuwirken. Herausforderungen ergeben sich, da sich in verschiedenen Ländern die Gesellschaftskonzeptionen voneinander unterscheiden, was sich in abweichenden Norm- und Wertvorstellungen sowie unterschiedlichen Bedürfnisprioritäten äußert.

Interkulturelle Probleme resultieren häufig aus Ähnlichkeitsannahmen gegenüber ausländischen Partnern oder fehlendem Verständnis gegenüber anderen Kulturen. Daher ist 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.

Die Realität zeigt indes, dass bis zu 75 Prozent aller initiierten Change-Prozesse

scheitern oder ihre Ziele nicht erreichen (Schreyögg 2000). Dies liegt in der mangelnden Veränderungsfähigkeit der Unternehmen sowie der mangelnden Veränderungsbereitschaft der Mitarbeiter begründet und verschärft sich vor dem Hintergrund interkultureller Unterschiede. Für die erfolgreiche Implementierung von Change-Prozessen muss daher das Change-Management die kulturellen Unterschiede der spezifischen Kulturkreise berücksichtigen.

2. Stand der Forschung

In den folgenden Ausführungen wird der Stand der Forschung auf den Gebieten des Change-Managements und des interkulturellen Managements analysiert. Im Mittelpunkt stehen unterschiedliche konzeptionelle Ansätze der Innovationsforschung, die sich dem Implementierungsproblem widmen und die Grundlage für die Entwicklung eines eigenen Lösungsansatzes bilden. Weiterhin werden Ansätze sowohl der kulturvergleichenden als auch der interkulturellen Managementforschung vorgestellt.

2.1 Forschungsfeld Change-Management

Die psychologische Akzeptanzforschung untersucht Einstellung und Verhalten des Individuums im Change-Prozess. Sie verfolgt zum einen eine analytische Zielsetzung, die die Wechselbeziehungen zwischen der Einführung von Innovationen und ihren Auswirkungen erklärt, zum anderen eine gestaltende Zielsetzung, die die Ausgestaltung der Innovationen hinsichtlich der Nutzung durch die Anwender fokussiert. Die Akzeptanzforschung betrachtet jedoch nur ex-post implementierte Innovationen, wobei in den frühen Phasen des Change-Prozesses eine Akzeptanzbetrachtung notwendig wäre, um Maßnahmen für das Change Management ableiten zu können.

Die empirisch geprägten Erkenntnisse der sozialwissenschaftlichen Diffusionsforschung (Rogers 1995) beziehen sich auf soziale Systeme und berücksichtigen die Wechselwirkungen zwischen den Adoptern entlang des Change-Prozesses, nicht aber bestehende Abhängigkeiten im Denken und Handeln der Akteure. National- und Unternehmenskultur sowie Organisations-, Führungs- und Kommunikationsstrukturen bewirken, dass der Mitarbeiter nur eingeschränkt rational denken und handeln kann.

Die Organisationsforschung ist mit den betriebswirtschaftlichen Ansätzen des organisatorischen Wandels, der Organisationsentwicklung und des organisationalen Lernens hinsichtlich der Bewältigung von Change-Prozessen äußerst breit aufgestellt. Es dominiert Literatur, in der Projektmanagementkonzepte und Phasenmodelle zur Implementierung von Veränderungen vorgestellt werden (Spanner-Ulmer 2006). Daneben existieren allgemein gehaltene Interventionsansätze, wie das Promotorenkonzept (Gemünden & Walter 1995), das einzelnen Akteuren bestimmte Rollen als Macht-, Fach-, Prozess- und Beziehungspromotoren zuweist, ohne dass deren Bezug zu den einzelnen Phasen des Change-Prozesses deutlich wird.

2.2 Forschungsfeld Interkulturelles Management

Die kulturvergleichende Managementforschung untersucht den Einfluss kultureller Faktoren auf das Management. Hierbei existieren verschiedene Ansätze, die das Konstrukt Kultur in Dimensionen aufspalten, die als Kriterien für die Beschreibung und den Vergleich von Kulturen dienen. Mit der Erfassung kultureller Unterschiede kann offen gelegt werden, an welchen Punkten Management und Organisation auf

die jeweilige Kultur abzustimmen sind. Weiterhin lassen sich Handlungsempfehlungen ableiten, wie sich Manager gegenüber Mitarbeitern aus anderen Kulturen verhalten sollten. Identifikation, Erfassung und Beschreibung der Kulturdimensionen als kulturelle Variablen erfolgen mit Hilfe von Kulturerfassungsansätzen (Perlitz 2004).

Demgegenüber weißt die interaktionsorientierte, interkulturelle Managementforschung eher prozessorientierten Charakter auf und beschäftigt sich mit der wirtschaftsbezogenen Interaktion zwischen Angehörigen unterschiedlicher Kulturkreise (Hasenstab 1999). Hierbei stehen Konzepte zum Erwerb interkultureller Kompetenz, die interkulturelle Orientierung oder die interkulturelle Kommunikation in Hinblick auf konkrete Interaktionssituationen, wie Verhandlungen, im Fokus.

Finden Change-Prozesse in kulturellen Überschneidungssituationen statt, so kommen die beiden vorgestellten Forschungsrichtungen gleichermaßen zum Tragen, da einerseits das Objekt der Veränderung und andererseits die interpersonellen Interaktion zwischen Managern und Mitarbeitern unterschiedlicher Kulturen kulturadäquat gestaltet werden muss.

Wie Abbildung 1 veranschaulicht, bilden die vorgestellten Konzepte des Change-Managements und der Kulturforschung die Grundlage für die Entwicklung eines eigenen Lösungsansatzes und werden in einem Modell zusammengeführt, um kulturell determinierte Treiber und Hemmnisse von Change-Prozessen zu identifizieren.

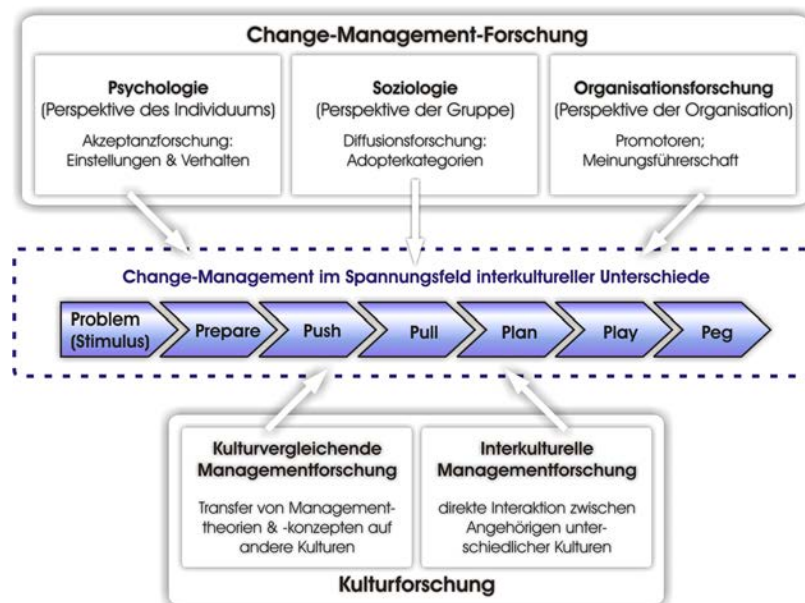


Abbildung 1: Konzepte des Change-Managements und der Kulturforschung als Grundlage für die Entwicklung eines eigenen Lösungsansatzes

3. Vorgehensweise und erste Ergebnisse

Wie die vorangegangenen Ausführungen zeigen, existiert kein befriedigender Lösungsansatz zur Gestaltung und Bewältigung von Change-Prozessen in interkulturellen Situationen, der diese in allen Phasen und über alle Akteursebenen ganzheitlich betrachtet und die Möglichkeit bietet, gezielt steuernd einzugreifen. Insbesondere bleibt das Problem der Ausgestaltung und Implementierung von Veränderungen in international agierenden Unternehmen unberücksichtigt.

Auf der Basis der vorgestellten Konzepte des Veränderungsmanagements und des interkulturellen Managements wird daher ein eigener Lösungsansatz entwickelt,

der im Sinne der Ganzheitlichkeit für eine nachhaltige Implementierung von Veränderungen alle Akteursebenen im Unternehmen einbeziehen und insbesondere den kulturellen Hintergrund der Akteure berücksichtigen wird (Abbildung 1). Die Methodik soll unabhängig vom Gegenstand der Veränderung Handlungsempfehlungen zur Verfügung stellen, mit der Change-Management-Prozesse unter Beachtung kultureller Unterschiede erfolgreich implementiert werden können.

Ausgehend von der umfangreichen Recherche einer Vielzahl existierender Kulturvergleichsansätze, die analysiert und ausgewertet wurden, erfolgte in einem ersten Schritt die Entwicklung eines Modells zur Kulturbeschreibung. Die vier von Hofstede, dem am häufigsten zitierten Kulturforscher, formulierten Dimensionen Machtdistanz, Unsicherheitsvermeidung, Individualismus/ Kollektivismus und Femininität/ Maskulinität wurden um die Ansätze weiterer Kulturanthropologen, wie Kluckhohn/ Strodtbeck, Hall oder Trompenaars, erweitert. Im Ergebnis entstand ein komplexer Kulturerfassungsansatz, der die 17 wichtigsten Kulturdimensionen miteinander vereint und diese in Anlehnung an das Kulturebenenmodell von Schein nach den sieben Grundannahmen über die Wahrnehmung von Zeit, Raum, Realität und Wahrheit, die Beziehung zur Umwelt, das menschliche Wesen, menschliche Handlungen sowie zwischenmenschliche Beziehungen klassifiziert. Der entwickelte Kulturerfassungsansatz gewährleistet die Strukturierung und Abbildung kultureller Diversität und stellt die Basis für die empirischen Untersuchungen in unterschiedlichen Landeskulturen dar, einerseits quantitative Fragebogenerhebungen und andererseits qualitative Experteninterviews. Unter Zuhilfenahme existierender Sekundärdaten lassen sich auf diese Weise Kulturen anhand ihrer kulturdifferenzierenden Merkmale (Normen, Werte, Einstellungen) beschreiben und vergleichen.

4. Fazit und Ausblick

Die vorangegangenen Ausführungen heben die integrale Bedeutung von Kultur auf die nachhaltige Implementierung von Change-Prozessen hervor, da sowohl National- als auch Unternehmenskulturen das Denken und Handeln der Mitarbeiter prägen. Damit wird die Notwendigkeit evident, die Werte und Einstellungen von Menschen aus anderen Kulturen zu erheben, um deren Verhalten beschreiben zu können und das Change-Management kulturadäquat auszugestalten. Zu diesem Zweck wird der entwickelte Kulturerfassungsansatz um ein Wirkungsmodell erweitert, der auf der Ebene des Individuums dessen Akzeptanzentscheidungen und auf der Organisationsebene die Diffusion der Veränderung im Unternehmen beschreibt.

5. Literatur

1. Gemünden, H. G. & Walter, A. 1995, Beziehungspromotoren – Schlüsselpersonen für zwischenbetriebliche Innovationsprozesse, In: J. Hauschildt & H.G. Gemünden (Hrsg.), Promotoren – Champions der Innovation. Wiesbaden: Gabler, 108 ff.
2. Hasenstab, M. 1999, Interkulturelles Management - Bestandsaufnahme und Perspektiven. Berlin: Verlag Wissenschaft und Praxis.
3. Perlitz, M. 2004, Internationales Management. Stuttgart: Lucius & Lucius.
4. Rogers, E. M. 1995, Diffusion of Innovations. New York: Freepress.
5. Schreyögg, G. 2000, Neuere Entwicklungen im Bereich des Organisatorischen Wandels. In: R. Busch (Hrsg.), Change Management und Unternehmenskultur. München: Hampp, 26-44.
6. Spanner-Ulmer, B. 2006, Veränderung mit System! – am Beispiel der Einführung eines Produktionssystems. Zwickau: Europäische Konferenz „Change Management“.

Effizienz und Akzeptanz aktueller digitaler Menschmodelle

Jens MÜHLSTEDT und Birgit SPANNER-ULMER

*Professur Arbeitswissenschaft,
Institut für Betriebswissenschaften und Fabriksysteme, TU Chemnitz,
Erfenschlager Str. 73, D-09125 Chemnitz*

Kurzfassung: Digitale Menschmodelle sind hilfreiche Werkzeuge für die Produkt- und Prozessgestaltung. In der Forschung und Entwicklung bei Unternehmen und an Hochschulen sind sie bereits als „Werkzeuge“ im Einsatz und sollen zukünftig verstärkt eingesetzt werden. In diesem Beitrag wird der Stand der Technik der Modelle, die in CAx-Systemen oder der Digitalen Fabrik eingesetzt werden, dargestellt. Zentrale Merkmale der Modelle sind ihre Ergonomiefunktionen, die vergleichend dargestellt werden. Es gibt viele Anwendungsgebiete, die den Einsatz eines Menschmodells rechtfertigen und die Entwicklungen finanziell, konstruktiv und ideell verbessern. Dennoch sind die Modelle in vielen Punkten verbesserungsfähig. Funktionsumfang, Software-Ergonomie, Eingabegeräte, Systemintegration und dynamische Analysen werden wichtige Elemente der zukünftigen Weiterentwicklungen sein. Um die dafür relevanten Themen detaillierter beschreiben zu können, wurden Nutzerbefragungen zur Effizienz und Akzeptanz der Systeme im Einsatz durchgeführt. Die ersten Ergebnisse dieser Untersuchung werden dargelegt.

Schlüsselwörter: digitale Menschmodelle, Digitale Fabrik, Produktgestaltung, Prozessgestaltung.

1. Aufgabenstellung

Digitale Menschmodelle sind dreidimensionale, modellhafte Abbilder der Realität. Seit den 1960er Jahren wurden im Laufe der Zeit viele Modelle entwickelt, die teilweise wieder eingestellt, teilweise zusammengeführt oder in andere Modelle integriert wurden. Es entstanden Modelle wie z.B. Anthropos ErgoMAX, AnyBody, BoeMan, CombiMan, CrewChief, CyberMan, Ergo, ERGOMan, Franky, Safework oder TEMPUS (Chaffin 2001; Gill & Ruddle 1998; Chaffin 2005; Rößler & Lippmann 1999). Die Modelle wurden anschließend weiterentwickelt und unterliegen heute immer noch einem Verbesserungsprozess. Aus Befragungen geht hervor, dass die Modelle für bestimmte Anwendungen sinnvoll und auch wirtschaftlich eingesetzt werden können, andere Aufgaben lassen sich bislang nicht oder nur unzureichend realisieren. Die Untersuchung der Ist-Situation digitaler Menschmodelle ist daher ein wichtiger Teil des vorzustellenden Forschungsprojektes. Darauf aufbauend werden die Erfahrungen von Nutzern untersucht, die erfolgreiche Arbeitsweisen, Probleme oder Wünsche aufzeigen können. Aus diesen Erkenntnissen und dem Wissen der Arbeitswissenschaft können anschließend funktionale Weiterentwicklungen konzipiert werden.

2. Methode

Um den aktuellen Stand der Technik der digitalen Menschmodelle zu erfassen, wurden Fachliteratur, Beschreibungen der Hersteller sowie die Programme selbst untersucht. Weiterhin wurden Experten befragt, die mit den Programmen arbeiten.

Um neben dem technischen und funktionellen Vergleich auch die Anforderungen der Nutzer einzubeziehen, wurde ein zweistufiges Evaluierungsverfahren angewandt. Im ersten Teil wurden dazu strukturierte Interviews mit Experten durchgeführt. Die Interviews wurden aufgezeichnet und anschließend analysiert.

3. Ergebnisse

3.1 Gegenüberstellung aktueller digitaler Menschmodelle

Durch den Funktionsumfang, die Zahl der Anwender sowie die für die Zukunft angekündigte Entwicklung können die Modelle „Human Builder“ (Dassault Systemes), „Jack“ (Siemens A&D UGS), „RAMSIS“ (Human Solutions) und „Santos“ (Universität von Iowa) als momentan „bedeutend“ angesehen werden (Mühlstedt et al. 2008). Während Human Builder und Jack sowohl für die Produkt- als auch die Prozessgestaltung geeignet sind, ist RAMSIS speziell an die Erfordernisse der Automobilindustrie angepasst. Santos, das bisher nicht als kommerzielle Software erhältlich ist, dient der digitalen Simulation von militärischen Handlungen, wird aber in einigen Fällen auch für industrielle Anwendungen eingesetzt. Die wichtigsten Modelleigenschaften und die interessantesten Funktionen fasst Tabelle 1 zusammen. Bei der Auswahl eines Modells stellt sich je nach Anwendungsfall das eine oder andere als vorteilhaft heraus, oft ist der Einsatz aber auch durch eine bestimmte Datenbasis oder eine Firmenvorgabe eingeschränkt.

Tabelle 1: zusammenfassender Überblick wichtiger digitaler Menschmodelle

Modell	Human Builder	Jack	RAMSIS	Santos
Hersteller / Vertrieb	Dassault Systems, IBM Corp.	Siemens A&D UGS	Human Solutions GmbH	Universität von Iowa
Modelleigenschaften	5 Populationen, Geschlecht, Alter, 99 Perzentile, Anpassung, Anthropometrie	Geschlecht, 5 Perzentile (Gewicht/Größe), Anpassung, Anthropometrie	10 Populationen, Geschlecht, Alter, Perzentile, Proportion, Akzeleration, Anpassung, Anthropometrie	
Funktionen / Analysen	Lasten-handhabung, Haltung, Biomechanik etc.	Lasten-handhabung, Ermüdungszeitanalyse, Arbeitsumsatz, Zeitanalysen, Komfortbewertung etc.	Sitzkomfort, Kräfte, Gurtverlauf etc.	Lasten-handhabung, Kleidungssimulation, künstliche Intelligenz, Dynamiksimulation etc.

3.2 Funktionen digitaler Menschmodelle

Die vorgestellten digitalen Menschmodelle haben zum Teil vergleichbare Eigenschaften und Funktionen. Aufgebaut aus einem Skelettmodell und einer Hüllfläche, die Haut bzw. Kleidung darstellt, sind die Modelle durch Vorwärtskinematik, inverse Kinematik oder Zugriff auf eine Haltungs-Datenbank positionierbar.

Die wichtigsten Funktionen, die bei der Produktgestaltung genutzt werden, sind Sicht- und Erreichbarkeitsanalysen. Alle Menschmodelle besitzen dafür verschiedene, teilweise sehr umfangreiche Analysemodule. Andere Funktionen, wie z.B. Haltungsanalysen, werden in geringerem Umfang ebenfalls genutzt (Abb. 1). Bei der Prozessgestaltung, die sich häufig mit der Planung von Arbeitsplätzen befasst, werden die Menschmodelle versatiler eingesetzt. Neben den bereits genannten Funktionen werden Prozesssimulationen, Ergonomie-Analysen (Komfort, Haltungen, Kräfte) oder Analysen zur Lastenhandhabung eingesetzt (Abb. 1).



Abbildung 1: Funktionen digitaler Menschmodelle (v.l.n.r.): Visualisierung, Sichtanalyse, Erreichbarkeitsanalyse, Belastungsanalyse, Komfortanalyse, Prozessanalyse (unten)

Sowohl für die Produkt- als auch für die Prozessgestaltung ist die Visualisierung eines Sachverhaltes das trivialste, aber gleichzeitig ein besonders wirkungsvolles Ergebnis. Ein Bild oder eine Animation eines Menschmodells und der Umgebung ist eine effektive Methode, um Sachverhalte zu erkennen oder Probleme darzustellen.

3.3 Nutzer-Befragung zu digitalen Menschmodellen

Die durchgeführten Expertenbefragungen lieferten qualitative Aussagen über digitale Menschmodelle. So konnten als typische Aufgaben die Visualisierung von Situationen/Prozessen, Arbeitsplatzgestaltungen, Sicht-/Erreichbarkeits-/Belastungs-Analysen und Montagesimulationen identifiziert werden. Diese treten in den charakteristischen Einsatzgebieten der Vorentwicklung, der Konstruktion, des Industrial Engineering und der Instandhaltungsplanung auf.

Als klare Vorteile der digitalen Menschmodelle werden eine frühzeitige Planung, erreichte Prozess-Standardisierungen, zügiges Prüfen von Alternativen, die digitale Absicherung der Planung und die Verbesserung der Kommunikation (z.B. zwischen

Planung und Fertigung) genannt. Demgegenüber stehen trotz der stetigen Weiterentwicklung in den letzten Jahren Nachteile, wie z.B. die aufwendige Positionierung/Bewegung der Modelle, eine zu knappe Unterstützung bei der Bedienung, zu wenig implementierte ergonomische Standardverfahren und eine verbesserungsfähige Softwareergonomie. Verbesserungswünsche aus der Praxis betreffen u.a. die Eingabemöglichkeiten, die Hilfe-Funktionen und Dateneingaben auf höheren Ebenen (keine Eingabe einzelner Bewegungsschritte, sondern aufgabenbezogener Daten).

4. Zusammenfassung und Ausblick

Bei der Produkt- und Prozessgestaltung gibt es viele Anwendungsbereiche, die den Einsatz eines Menschmodells finanziell, konstruktiv und ideell rechtfertigen. Die ersten Ergebnisse der Expertenbefragung deuten bereits jetzt darauf hin, dass die Entwicklungen der letzten fünf bis zehn Jahre das Aufwand/Nutzen-Verhältnis in vielen Fällen entscheidend verbessert haben. Der Einsatz digitaler Menschmodelle für statische Analysen ist sinnvoll, für dynamische Analysen aber nur in Einzelfällen gerechtfertigt. Weiterentwicklungen sind nötig und gewünscht und werden nicht zuletzt durch das Forschungsprojekt der Professur Arbeitswissenschaft vorangetrieben.

Weitere Forschungen an der TU Chemnitz werden sich detailliert mit der Effizienz der Systeme im Einsatz und der Akzeptanz bei den Nutzern auseinandersetzen. Dazu wird eine Anwenderbefragung durchgeführt werden, die mittels eines standardisierten Fragebogens eine möglichst große Datenbasis erschließen und quantitative Aussagen treffen lassen soll (Abb. 2). Darauf aufbauend sollen die Modelle weiterentwickelt werden.



Abbildung 2: Mind Map der Schwerpunkte des geplanten Fragebogens zur Anwenderbefragung

5. Literatur

1. Chaffin, D. 2001, Digital Human Modeling for Vehicle and Workplace Design. Warrendale: Society of Automotive Engineers Inc..
2. Chaffin, D. 2005, Improving digital human modeling for proactive ergonomics in design, *Ergonomics*, 48, 478-491.
3. Gill, S.A. & Ruddle, R.A. 1998, Using virtual humans to solve real ergonomic design problems. In: *Proceedings of the 1998 International Conference on Simulation*, IEEE Conference Publication 457, 223-229.
4. Mühlstedt, J., Unger, H. & Spanner-Ulmer, B. 2008, Programme in Menschengestalt: digitale Menschmodelle für CAx- und PLM-Systeme, *Zeitschrift für Arbeitswissenschaft*, 62, im Druck.
5. Rößler, A. & Lippmann, R. 1999, Virtuelle Menschmodelle in der Produktentwicklung, *Spektrum der Wissenschaft*, 09/1999.

Anthropometrie- und Konditionserkennung mit Kfz-Fahrersitzen

Torsten HAUBERT, Holger UNGER und Birgit SPANNER-ULMER

*Institut für Betriebswissenschaften und Fabrikssysteme,
Professur Arbeitswissenschaft, Technische Universität Chemnitz,
Erfenschlager Straße 73, D-09125 Chemnitz*

Kurzfassung: Der Fahrersitz eines Kraftfahrzeuges (Kfz) ist ein zentrales Kopplungselement zwischen dem Menschen (Fahrer) und der Maschine (Kfz). Dabei gerät der Fahrer durch den Fahrvorgang in eine Zwangshaltung, sein Bewegungsraum wird eingeschränkt. Der im Beitrag beschriebene Forschungsansatz dient zur Auffindung von Einflussfaktoren, die praxistauglich Vigilanz und Kondition, speziell unter dem Fokus des Fahrersitzes, ermitteln und bewerten lassen. Eine Anthropometrie- und Fahrerzustandserkennung basiert unter anderem auf der Detektion der Sitzbeinhöcker (os pubis). Die grundlegende Voraussetzung dabei ist das dynamische und sichere Erkennen von Sitzbeinhöckerlage und Sitzposition während der gesamten Fahrt. Die Daten dienen der Klassifikation sitzbezogener Fahrerbewegungsprofile. Ein dreistufiges Modell ermittelt in Abhängigkeit der gewonnenen Sensorinformationen sowie weiterer ausgewählter Kfz-Zustandsdaten (z.B. Fahrdauer) anthropometrische und physiologische Fahrerparameter, die zu einem Fahrerzustandsindex zusammengefasst werden. Der Index kann beispielsweise für eine Maßnahmegenerierung zum aktiven Konditionserhalt im Arbeitssystem „Kfz“ (z.B. dem Vorschlag zu Fahrtpausen) sowie einer Sitzeinstellung genutzt werden.

Schlüsselwörter: Mensch-Maschine-Schnittstelle, Fahrerzustand, Anthropometrieerkennung, Fahrersitz.

1. Aufgabenstellung und Lösungsansatz

Im Kfz ist der Fahrer während des Arbeitsvorganges „Fahren“ mit einer Fülle von Systemen in Kontakt. Insbesondere bei Langzeitfahrten (ab einer Dauer von ca. zwei Stunden) können ein Abfall der Leistungsfähigkeit, sowie erste körperliche Ermüdungserscheinungen beobachtet werden (Cremer 1984). Eine häufige Änderung der Sitzhaltung ist während der Fahrt zu beobachten. Beanspruchung, Zwangshaltungen und Monotonie führen zu einer Abnahme der Kondition. Eine komplexe analytische Detektion und Reaktion im Rahmen des Mensch-Maschine-Systems „Kfz“ soll es ermöglichen, dass die Kondition des Fahrers langfristig gesichert wird. Schwerpunkt des Forschungsansatzes ist daher die Erarbeitung eines dreistufigen Modells zur Anthropometrie- und Konditionserkennung auf Kfz-Fahrersitzen und die wissenschaftliche Nachweisführung zu dessen Wirksamkeit (Abbildung 1). Das Dreistufen-Anthropometrie-Erkennungs-Modell (DAEM) setzt sich aus folgenden Modell- bzw. Strukturebenen zusammen:

- der Basis-Sitzflächendetektion (Stufe I)
- der nutzeradaptiven Ergänzungsdetektion (Stufe II)
- der prozesskommunizierenden Arbeitssystemdetektion (Stufe III)

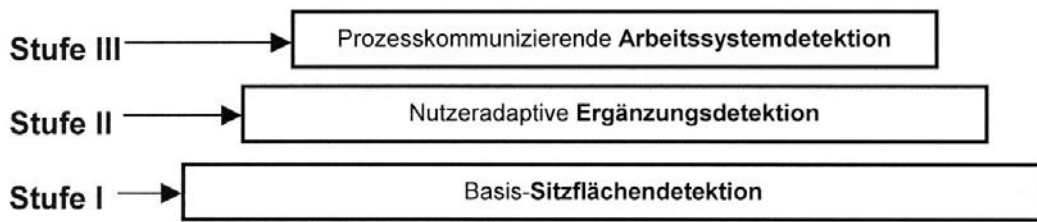


Abbildung 1: Dreistufen-Anthropometrie-Erkennungs-Modell (DAEM)

Eine übergeordnete Detektionsstufe bedingt jeweils der vorherigen. Mit jeder weiteren Stufe soll die Genauigkeit erhöht werden, mit der notwendige Anthropometrie- und Zustandsdaten des Fahrers zu erkennen sind. Der Einsatz eines Stufenmodells erscheint sinnvoll, da Zwischenevaluationsdaten erzielt werden und der Qualitätsgewinn beim Einsatz einer weiteren Erkennungsstufe sicher bestimmt werden kann.

1.1 Stufe I: Basis-Sitzflächendetektion (BSD)

Die zentrale Aufgabenstellung bei der Basis-Sitzflächendetektion (BSD) ist der grundlegende Rückschluss auf anthropometrische Parameter des Fahrers durch die Positions- und Lageerfassung seiner Sitzbeinhöcker (os pubis) über verschiedene perzentiladaptive Sensorfelder. Hier soll eine Zuordnung zu verschiedenen Perzentilen ermöglicht werden. Durch die Position und das Bewegungsmuster der Sitzbeinhöcker auf der Sitzfläche kann in gewissem Umfang auf die Sitzhaltung des Fahrers und den Fahrerszustand geschlossen werden (Abbildung 2).

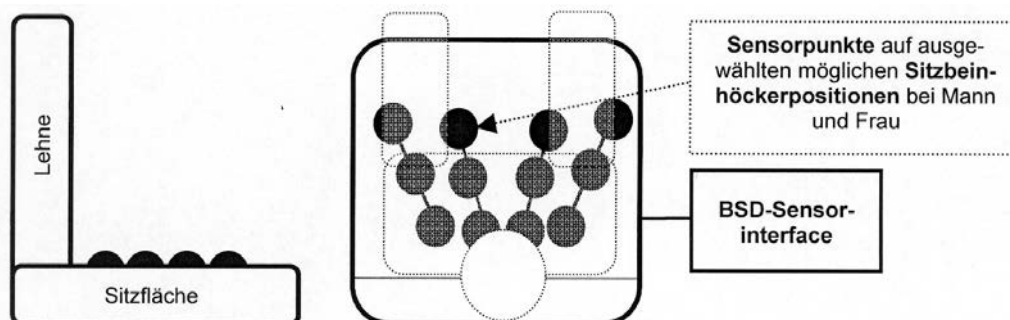


Abbildung 2: Sensorik der Sitzfläche bei der Detektion der Sitzbeinhöcker (nicht maßstabsgetreu)

1.2 Stufe II: Nutzeradaptive Ergänzungsdetektion (NED)

Umfangreiche Vorversuche haben gezeigt, dass eine Detektion allein durch Sensorik in der Sitzfläche nicht ausreichend ist, um den Sitzzustand sicher zu erkennen und Maßnahmen zu einem besseren Konditionserhalt einzuleiten (Unger et al. 2006). Bei der nutzeradaptiven Ergänzungsdetektion (NED) besteht die Aufgabenstellung zusätzlich darin, den Sitz an die Anatomie des entsprechenden Probanden besser anzupassen und die Wirkungsweise der Anpassung zu evaluieren. Das geschieht durch eine Art Sitzbaukastensystem.

Auf der Basis der BSD-Daten sollen diese Elemente ausgesucht auf die Sitzgrundfläche „aufgesteckt“ werden. Sie haben die Aufgabe, durch Führung z.B. im Bereich Gesäß, Lordose und/oder Oberschenkel die Sitzposition zu verbessern. Da die Stütz- und Stabilisationselemente nutzerabhängig eingesetzt werden und sensorisch zusätzliche Zustandsdaten erfassen, wird in diesem Beitrag von einer nutzeradaptiven Ergänzungsdetektion gesprochen.

Wichtig ist, dass es hier nicht nur um zusätzliche Sensorik geht, sondern um eine nut-

zerabhängige Anpassung (BAuA 2004) durch weitere Sitzelemente, die perzentilabhängig verwendet werden sollen und Zustandsdaten mit dem Basissitz austauschen (Abbildung 3). In der Praxis wäre eine Art „anthropometric branding“ denkbar, die Sitzanpassung für unterschiedliche Personengruppen oder Marktgebiete (z.B. amerikanischer, chinesischer oder zentraleuropäischer Markt) vorzunehmen.

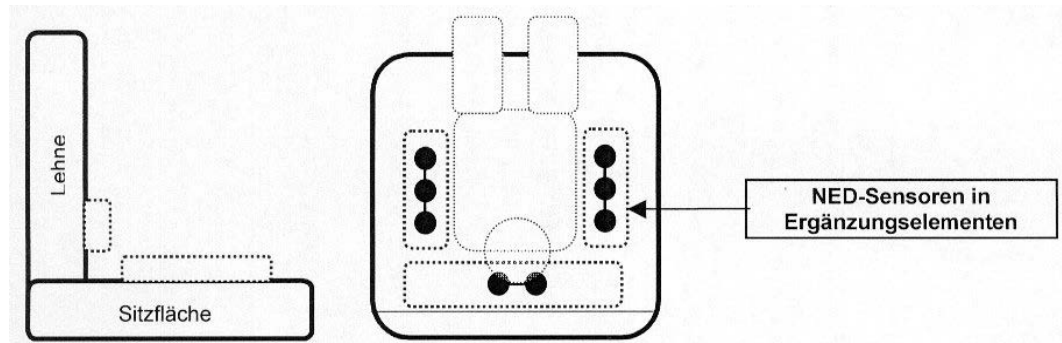


Abbildung 3: Zusätzliche Steckelemente und Sensorik (nicht maßstabsgetreu)

1.3 Stufe III: Prozesskommunizierende Arbeitssystemdetektion (PSD)

Eine besondere Schwierigkeit bei der Anthropometrie- und Konditionserkennung besteht darin, dass sich die Sitzhaltung während des Fahrens häufig ändert. Bei längerem Sitzen werden verschiedene Phasen durchlaufen. Diese „Störgrößen“ können allein durch die BSD oder die NED nicht ausgefiltert werden. Eine ausschließliche Datengewinnung über die Sensorik des Fahrersitzes ist nicht möglich, d.h. ein Bezug zwischen der Anthropometrieerkennung der ersten beiden Stufen und dem Zustand des Arbeitssystems wird notwendig.

Aus diesem Grund wird das Fahrzeug zur Entwicklung des Erkennungsmodells als Mensch-Maschine-System betrachtet, d.h. es werden weitere Arbeitssystemdaten in das Modell einbezogen (Haubert 2006). So sollen insbesondere die Informationen zu Fahrdauer, Lenksituation oder dem letzten Ein- und Ausstieg (das kann auf einen Fahrerwechsel hindeuten) ausgewertet werden. Durch die dritte Komponente wird das Stufenmodell, über eine anthropometrische Erkennung hinaus, zu einem Modell der Fahrerzustandserkennung im Arbeitssystem. Die komplexe Detektion soll es ermöglichen, das Sitzen in das Arbeitssystem „Fahren“ einzuordnen und deutlich genauere Daten zu gewinnen, aus denen Zustandsaussagen und Mechanismen für einen verbesserten Konditionserhalt des Fahrers abgeleitet werden können.

2. Versuchsaufbau und Nachweisführung

Für jede der Modellstufen sind eigene Methoden und Versuchsreihen der Nachweisführung geplant. Dabei werden zwei Nachweisebenen unterschieden.

2.1 Der anthropometrische Korrelationsnachweis

Die Validierung der Detektionsgenauigkeiten in den Modellschichten I (BSD) und II (NED) sollen mittels Korrelationsuntersuchungen zwischen realen Probandendaten und einer Modell-Sitzmaschine geführt werden. Für die Erkennung von Sitzbeinhöckern und Sitzposition wird ein Gesäßmodell (Abbildung 4) erstellt und für Laborversuche an eine SAE-Sitzmaschine gekoppelt.

Der zu simulierende Abstand der Sitzbeinhöcker kann eingestellt werden. Durch

druckregelbare Gelpakete soll die Konsistenz von Haut- und Fettgewebe variiert werden (vgl. auch Hartung 2006).

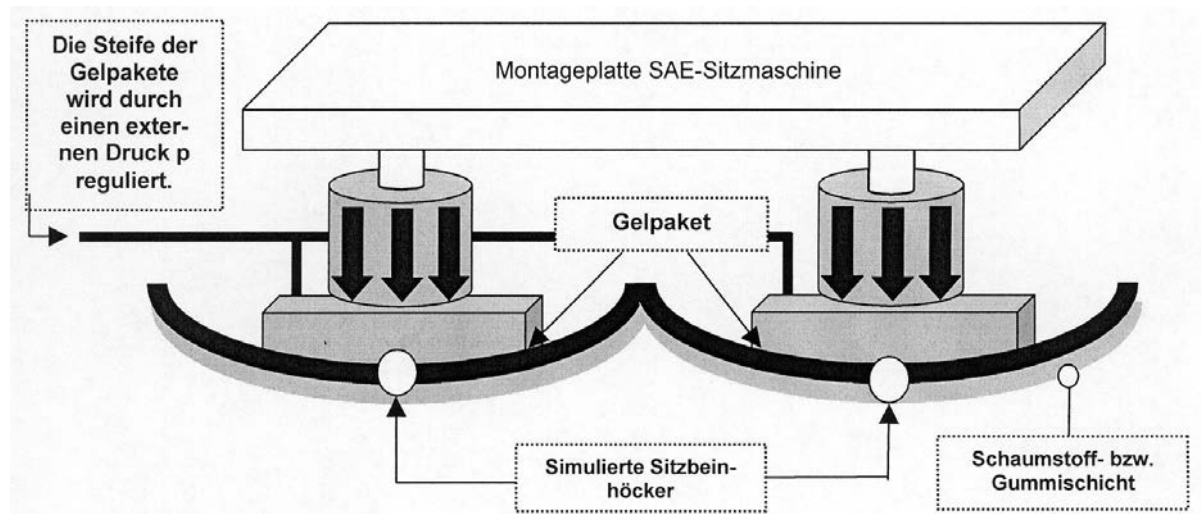


Abbildung 4: Versuchsaufbau zur Simulation der Sitzbeinhöcker zur Anthropometrieerkennung

2.2 Der physiologische Korrelationsnachweis

Die zweite Nachweisebene soll eine vermutete Korrelation zwischen fahrzeitabhängiger Sitzhaltungsänderung und Fahrercondition aufzeigen. Dabei werden im Fahrversuch Haltungsänderungen und Lidschlagsdaten aufgezeichnet. Ziel ist es, bestimmten Sitzhaltungsänderungsmustern Konditionsparameter zuzuordnen.

3. Erwartete Ergebnisse

Resultat der Arbeit ist die sichere und praxistaugliche Erkennung von Fahreranthropometrie und Fahrercondition u.a. auf der Basis von Größe, Lage und des Bewegungsmuster der Sitzbeinhöcker während der Fahrt.

Ein modellimmanentes Einflussfaktorenschema klassifiziert relevante Faktoren und ermittelt einen Fahrerconditionsindex. Daraus können z.B. Parameter für die Sitzeinstellung und eine konditionserhaltende Fahrplanung bereitgestellt werden.

4. Literatur

1. Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) 2004, Sitzlust statt Sitzfrust – Sitzen bei der Arbeit und anderswo. Dortmund: BAuA.
2. Cremer, H.-P. 1994, Anpassung von Fahrersitzen an den Sitzbenutzer. In: E. Faust (Hrsg.), Optimale Sitzgestaltung. Renningen-Malmsheim: Expert-Verlag, 38 - 65.
3. Hartung, J., Rühmann, H.P. & Bubb, H. 2006, Objektivierung des statischen Sitzkomforts. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg.), Innovationen für Arbeit und Organisation. Dortmund: GfA Press, 561-564.
4. Haubert, T. 2006, Prozesskommunizierende MMS bei Fahrersitzen. In: In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg.), Innovationen für Arbeit und Organisation. Dortmund: GfA Press, 115 - 118.
5. Unger, H., Haubert T., Hensel, R. & Hofmann, N. 2006, Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben Egonomisches Sitzsystem. Chemnitz: TU Chemnitz, Institut für Betriebswissenschaften und Fabrikssysteme, 21, 85 ff, 110 ff.

Head-Up-Displays in Kraftfahrzeugen: Nachweis und Analyse von Vorbereitungseffekten bei koordinierten Lenkbewegungen

Peter HOFMANN

*Institut für Arbeitsphysiologie an der Universität Dortmund,
Ardeystr. 67, D-44139 Dortmund*

Kurzfassung: Head-Up-Displays (HUDs) kommen zunehmend in Kraftfahrzeugen zum Einsatz. In einer neu entwickelten Spurwechselaufgabe wurde untersucht, ob über HUDs präsentierte Informationen die zeitliche und inhaltliche Handlungsvorbereitung des Fahrers unterstützen. Die Ergebnisse weisen auf die Nützlichkeit beider Paradigmen im Kontext einer Daueraufmerksamkeit erfordernden Fahraufgabe hin. Sie können dazu dienen, inhaltliche und zeitliche Design-Aspekte von HUDs zu begründen.

Schlüsselwörter: Handlungsvorbereitung, Head-Up-Display, Spurwechselaufgabe.

1. Einleitung

Head-Up-Displays (HUDs) stellen einen Informationsträger dar, der zunehmend in Fahrzeugen zum Einsatz kommt. Durch die direkte Projektion relevanter Informationen in das Gesichtsfeld des Fahrers sollen HUDs einen Beitrag zur optimalen Vermittlung von Informationen an den Fahrer leisten. Einen typischen Anwendungsbereich für solche Informationen stellen Fahrerassistenzsysteme dar.

Wenig untersucht ist bisher die Frage, inwieweit über HUDs präsentierte Informationen zur Handlungsvorbereitung des Fahrers auf bevorstehende Aufgaben beitragen. Insbesondere ist nicht bekannt, ob die während einer kontinuierlichen Tracking-Aufgabe ablaufenden Prozesse der Handlungsvorbereitung mit entsprechenden Informationsverarbeitungsprozessen, die aus der Grundlagenforschung bekannt sind (vgl. Müller-Gethmann et al. 2003; Niemi & Näätänen 1981), vergleichbar sind. Das Ziel dieser Arbeit besteht darin, die Paradigmen zeitlicher (Temporal Preparation, Niemi & Näätänen 1981) und inhaltlicher Vorbereitung (Movement Precueing, Rosenbaum 1980) mit Hilfe von HUDs auf eine anwendungsnahe Fahraufgabe zu übertragen und Hinweise auf ihre Gültigkeit in diesem Kontext zu finden. Eine hinsichtlich der Anwendbarkeit von Grundlagenerkenntnissen gültige Fahraufgabe, die HUDs integriert, kann für weitere experimentelle Fragestellungen im HUD-Kontext eingesetzt werden.

2. Methode

2.1 Fahraufgabe

Um zeitliche und inhaltliche Vorbereitungsprozesse während des Fahrens belegen zu können, wurde eine Spurwechselaufgabe als zentrale Untersuchungsaufgabe entwickelt. Diese wurde stereoskopisch auf einem Projektionstisch präsentiert, so

dass die Versuchspersonen mit Hilfe von Shutter-Glasses einen dreidimensionalen Eindruck von Fahrbahn und HUD erhielten. Die Fahrbahn verlief ausschließlich geradeaus und bestand aus einer für die Versuchspersonen nicht abzählbaren Menge von Fahrspuren. Die Versuchspersonen steuerten ein virtuelles Fahrzeug mit Hilfe eines Lenkrades mit konstanter Geschwindigkeit (ca. 60 km/h) über die Fahrstrecke und sollten auf mittels HUD eingeblendete Richtungspfeile schnellstmöglich mit einem Spurwechsel in die angegebene Richtung reagieren. Das virtuelle Fahrzeug sollte grundsätzlich in der Mitte der jeweiligen Fahrspur gehalten werden. Die wichtigste abhängige Variable der im Folgenden geschilderten Experimente war die Reaktionszeit auf den Richtungspfeil.

2.2 Experiment 1

Im ersten Experiment wurde die zeitliche Vorbereitung auf einen Spurwechsel untersucht. Die Versuchspersonen erhielten in jedem Durchgang einen kurzen Hinweisreiz, der den bevorstehenden Spurwechsel ankündigte. Nach einem zufällig ausgewähltem zeitlichen Abstand (Stimulus Onset Asynchrony, SOA: 300, 600, 1200, 2400 ms), gab ein imperativer Zielreiz in Form eines Richtungspfeils die benachbarte Fahrbahn an, auf die gewechselt werden sollte. Zusätzlich wurde eine Bedingung realisiert, in der kein Hinweisreiz vor dem Zielreiz gegeben wurde.

2.3 Experiment 2

Ziel des zweiten Experiments war es, die Auswirkungen inhaltlicher Vorbereitung auf die Spurwechsel-Reaktionszeiten zu untersuchen. Experimentell manipuliert wurden die Richtung des Spurwechsels (links/rechts) und die Anzahl der Spuren (eine/zwei), über die gewechselt werden sollte. Zusätzlich wurde manipuliert, ob die Richtungsinformation bzw. die Spurzahlinformationen im Hinweisreiz gegeben wurde oder nicht. Die Versuchspersonen erhielten demnach im Hinweisreiz keine, eine teilweise oder eine vollständige Information über den nach einer konstanten SOA auszuführenden Spurwechsel. Der Zielreiz spezifizierte immer die vollständige für den Spurwechsel notwendige Information.

2.4 Experiment 3

Im dritten Experiment wurden zeitliche und inhaltliche Vorbereitung miteinander kombiniert. Manipuliert wurden die Faktoren SOA und Richtung des Spurwechsels; zusätzlich wurde variiert, ob eine Richtungsinformation im Warnsignal enthalten war oder nicht. Die Versuchspersonen erhielten in jedem Durchgang einen Hinweisreiz, der eine oder keine Richtungsinformation über den bevorstehenden Spurwechsel beinhaltete. Nach einer zufällig ausgewählten SOA (wie in Experiment 1) wurde der Zielreiz, der immer die notwendige Richtungsinformation transportierte, gegeben.

3. Ergebnisse

3.1 Experiment 1

Im ersten Experiment konnten Effekte zeitlicher Vorbereitung nachgewiesen werden. Die Reaktionszeiten fielen um bis zu 70 ms niedriger aus, wenn die Versuchs-

teilnehmer zeitlich auf das Erscheinen des Reaktionszeitsignals vorbereitet wurden. Die längste SOA lieferte längere Reaktionszeiten als kürzere SOAs.

3.2 Experiment 2

Grundsätzlich wiesen die Ergebnisse des zweiten Experimentes sowohl auf die jeweiligen Haupteffekte der inhaltlichen Vorbereitungsfaktoren als auch auf deren Interaktion hin. Die Reaktionszeiten fielen um bis zu 90 ms kürzer aus, wenn die Versuchspersonen entweder die Richtung oder die Spurzahl des Spurwechsels vor dem Zielreiz kannten. Waren beide Informationen im Sinne vollständiger Vorbereitung auf den Spurwechsel bekannt, so ergaben sich die kürzesten Reaktionszeiten.

3.3 Experiment 3

Sowohl der zeitliche Vorbereitungsfaktor als auch der inhaltliche Vorbereitungsfaktor führten zu Haupteffekten. Die Versuchsteilnehmer reagierten schneller, wenn ihnen die Richtung des Spurwechsels bekannt war. Zudem reagierten sie bei der längsten SOA langsamer als bei kürzeren SOA. Weiterhin wurde eine Zweifachinteraktion zwischen beiden Faktoren dahingehend gefunden, dass die Reaktionszeiten insbesondere dann bei längeren SOA anstiegen, wenn die Richtung des Spurwechsels nicht bekannt war.

4. Diskussion

Die bisher durchgeführten Experimente hatten das Ziel, Prozesse der Handlungsvorbereitung in Tracking-Aufgaben, die durch HUD induziert werden, zu belegen. Die Ergebnisse zeigen, dass die aus der Grundlagenforschung bekannten Reaktionszeitmuster zeitlicher und inhaltlicher Vorbereitung bei Spurwechseln trotz einer Daueraufmerksamkeit erfordernden Erstaufgabe (Halten des Fahrzeugs in der Spur) weitestgehend repliziert werden können. Insofern ist denkbar, dass vom Fahrer als relevant erachtete HUD-Informationen während des Fahrens kontinuierlich in handlungsvorbereitende Prozesse integriert werden, die die Erfüllung bevorstehender Aufgaben unterstützen. Offen bleibt, wie lange die Effekte zeitlicher Vorbereitung bestehen bleiben, da die gewählten SOA nur einen kurzen Zeitraum abdecken. Im Gegensatz zur Grundlagenforschung scheinen die Vorbereitungseffekte trotz „aging foreperiods“ (Niemi & Näätänen 1981) früher nachzulassen. Inhaltliche Vorbereitung erweist sich aufgrund höherer Effektstärken als der wirksamere handlungsvorbereitende Faktor im Vergleich zu zeitlicher Vorbereitung. Die Interaktion inhaltlicher mit zeitlicher Vorbereitung weist auf ein geringeres Verblassen des zeitlichen Vorbereitungseffektes hin, wenn eine inhaltliche Information gegeben wird.

Die hier präsentierten Reaktionszeit-Experimente sind im Hinblick auf ihre Realitätsnähe zwar stark vereinfacht, dennoch nähern sie sich dem konkreten Anwendungsfall durch die Integration einer kontinuierlichen Tracking-Aufgabe an. Der Vorteil der hier empirisch gewonnenen Grundlagenerkenntnisse im Kontext einer Fahraufgabe ist, dass diese Erkenntnisse gut für die Untersuchung weiterer anwendungsorientierter Fragestellungen eingesetzt werden können.

5. Ausblick

Im weiteren Verlauf dieser Arbeit werden kontaktanaloge und nicht kontaktanaloge Darstellungsarten der über HUD präsentierten Zielreize und deren Auswirkungen auf Vorbereitungseffekte bei Spurwechseln untersucht. Raum- und objektorientierte Aufmerksamkeitstheorien sagen sowohl positive (z.B. gleichzeitige Verarbeitung von Umwelt- und kontaktanalogen HUD-Informationen) als auch negative Konsequenzen (z.B. Aufmerksamkeitssteilung aufgrund von visuellem Clutter) verschiedener Darstellungsarten von HUD-Informationen vorher (Ward & Parks 1994). Die hier verfolgte Hypothese besteht darin, dass kontaktanalog präsentierte Informationen während des Fahrens effektiver als nicht kontaktanalog präsentierte verarbeitet werden können und somit zu kürzeren Reaktionszeiten führen sollten.

In einem weiteren Schritt soll überprüft werden, ob Handlungsvorbereitung und Darstellungsart von HUD-Daten einander ergänzen können. Das vorerst letzte Ziel der Arbeit besteht schließlich darin, potentielle negative Auswirkungen von Handlungsvorbereitung im Kontext von Cognitive Tunneling beim Fahren aufzuspüren (vgl. Wickens & Long 1995).

6. Literatur

1. Müller-Gethmann, H., Ulrich, R. & Rinkenauer, G. 2003, Locus of the effect of temporal preparation: Evidence from the lateralized readiness potential, *Psychophysiology*, 40, 597-611.
2. Niemi, P. & Näätänen, R. 1981, Foreperiod and Simple Reaction Time, *Psychological Bulletin*, 89, 133-162.
3. Rosenbaum, D.A. 1980, Human Movement Initiation: Specification of Arm, Direction, and Extent, *Journal of Experimental Psychology: General*, 109, 444-474.
4. Ward, N.J. & Parkes, A. 1994, Head-up displays and their automotive application: an overview of human factors issues affecting safety, *Accident Analysis and Prevention*, 26, 703-717.
5. Wickens, C.D. & Long, J. 1995, Object Versus Space-Based Models of Visual Attention: Implications for the Design of Head-Up Displays, *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 1, 179-193.

Ausprägung mentaler Modelle als Grundlage beruflicher Handlungskompetenz – dargestellt am Beispiel der Chemielaborantenausbildung

Frauke DÜWEL

*Institut für Berufliche Fachrichtungen, Universität Dresden,
Weberplatz 5, D-01062 Dresden*

Kurzfassung: Hinsichtlich der Arbeitsaufgaben eines Laboranten ist ein Heranführen an Betrachtungsweisen von Stoffen aus naturwissenschaftlicher Sicht eine wichtige Grundlage, berufliche Handlungskompetenz auszubilden. Am Beispiel der Chemielaborantenausbildung wird die Ausprägung der in diesem Berufsfeld erforderlichen Basiskonzeptionen (mentale Modelle) genauer erforscht. Dazu werden Instrumentarien entwickelt, die eine enge Verknüpfung zwischen methodischer Gestaltung und daran angepasste Teststrategien zur Bewertung des angestrebten Leistungsprofils darstellen.

Schlüsselwörter: mentale Modelle, Handlungskompetenz.

1. Einleitung

In jüngsten Veröffentlichungen, die im Zusammenhang mit den Anforderungen an die Ausbildung beruflicher Handlungskompetenz (Niethammer 2006; Eichhorn 2007) stehen und sich auf die Analyse der Arbeitsaufgaben eines Laboranten und den daraus abzuleitenden didaktisch-methodischen Konsequenzen konzentrierten, wird die Entwicklung berufsbezogener mentaler Modelle als zwingende Notwendigkeit herausgestellt. Sie sind die Voraussetzung für einen fachlich kompetent handelnden Laboranten.

Die Neuordnung der Chemieberufe allein hat nicht zwingend zur Folge, dass die danach ausgebildeten Berufsschulabsolventen tatsächlich theoriegeleitet an die Lösung beruflicher Problemstellungen herangehen. Die beabsichtigte Vernetzung der Ausbildungsinhalte durch deren Sortierung nach Lernfeldern lässt offen, wie Basiskonzeptionen (mentale Modelle) zu entwickeln und zu systematisieren sind, um als Grundlage beruflicher Handlungskompetenz operationalisierbar zu werden.

Vor dem Hintergrund des steigenden Bedarfs an fachlich qualifiziertem, innovativem Personal und den gegebenen Randbedingungen (Lehrplananforderung, teilnehmerspezifische, institutionelle und organisatorische Voraussetzungen) wird am Beispiel der Chemielaborantenausbildung die Ausprägung der in diesem Berufsfeld erforderlichen Basiskonzeptionen (mentale Modelle) genauer erforscht. Dazu werden Instrumentarien eingesetzt, die eine enge Verknüpfung zwischen der Entwicklung sowie der anschließenden Bewertung der auszuprägenden Basiskonzeptionen aufweisen.

Hinsichtlich der Arbeitsaufgaben eines Laboranten sind Stoffkenntnisse auf naturwissenschaftlicher Ebene eine wichtige Grundlage, berufliche Handlungskompetenz auszubilden. Unter Handlungskompetenz ist zu verstehen:

Bereitschaft und Befähigung eines Individuums, objektiv gegebene Handlungsoptionen und subjektive Entwicklungschancen bzw. -anforderungen in einem beruflichen Wirklichkeitsbereich zu erkennen, zu entwickeln und umzusetzen

Tiefenstrukturen beruflichen Wissens sind Voraussetzung innovationsbezogener Kompetenz und Kompetenzentwicklung (Eichhorn 2006). Die Abbildung 1 verdeutlicht, dass trotz größtenteils automatisierter Messdatenerfassung fundierte Kenntnisse über naturwissenschaftliche Zusammenhänge, d. h. über die (nicht beobachtbare) Struktur der Stoffe und die ablaufenden Mikroprozesse, ausgeprägt sein müssen (mentale Modelle), um Messdaten adäquat dokumentieren, bearbeiten und bewerten zu können.

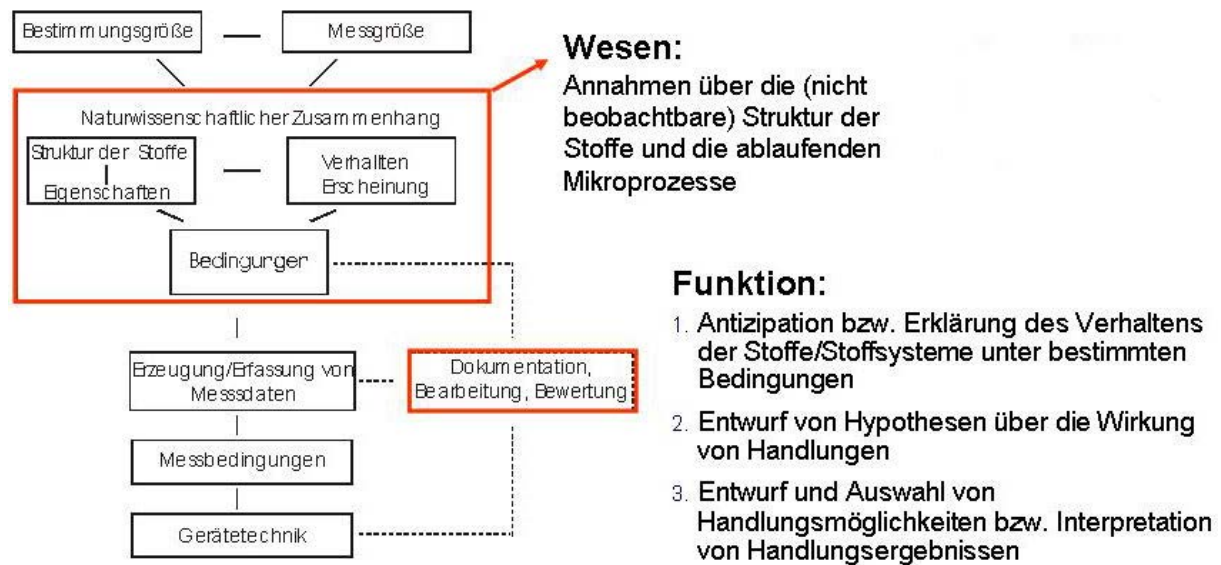


Abbildung 1: Mentale Modelle (Eichhorn 2006)

Der Abstand zur beruflichen Wirklichkeit in der schulischen Ausbildung ermöglicht eine arbeitsaufgabenbezogene Initiierung und Förderung von Lernprozessen zur Kompetenzentwicklung nur an theoretisch und in Ansätzen an praktisch simulierten Arbeitsaufgaben.

2. Methode

Es werden zunächst die naturwissenschaftlichen Konzepte (Sollanforderungen) herausgestellt, die zur Bewältigung ausgewählter praxisbezogener Problemstellungen erforderlich sind. Für die Entwicklung entsprechender mentaler Modelle bei den Lernenden werden Unterrichtsmethoden, die im Besonderen auf den Einsatz berufsspezifischer Fachtexte orientieren, erprobt. Über die Rezeption und Produktion von Fachtexten werden die Fähig- und Fertigkeiten gefördert, über die ein Fachmann (hier: Chemielaborant) verfügen muss, um eine effiziente und fachlich unmissverständliche arbeitsaufgabenbezogene Kommunikation zu gewährleisten (vgl. Göpferich 2002). Dadurch werden Ansprüche konkretisiert, die an das berufsgruppenspezifische Fachverständnis gestellt werden.

Die Rezeption und Produktion von Fachtexten ist gleichzeitig Basis für die Analyse und Bewertung der in den einzelnen Lernphasen erreichten mentalen Modelle, wobei unterschiedliche Instrumentarien wie „Lautes Denken“ oder Mind Mapping herangezogen werden.

3. Ergebnisse

Die Ergebnisse beschränken sich bisher auf die Ermittlung des Leistungsstandes der Auszubildenden und die Erprobung eines Unterrichtskonzeptes. Die aus diesen Ergebnissen sich anschließende Entwicklung weiterer Instrumentarien zur differenzierteren Erfassung und Beschreibung der in den einzelnen Lernphasen bestehenden mentalen Modelle steht noch aus.

3.1 Ermittlung des Leistungsstandes der Auszubildenden

Im Herbst 2003 wurde von der Autorin zum Thema der zweiten Staatsexamensarbeit „Notwendigkeit der differenzierten Behandlung von Stoffkonstanten im ersten Ausbildungsjahr der Chemielaboranten“ ein Einstufungstest entwickelt zur empirischen Erhebung des Leistungsstandes von Mittelschulabsolventen und Abiturienten, die entweder an unserem beruflichen Schulzentrum bereits die Ausbildung als Chemielaborant oder die zweijährige Fachoberschule begonnen haben. Darüber hinaus nahmen noch Schüler des beruflichen Schulzentrums in Annaberg-Buchholz teil. Konzeption und Ergebnisse des Einstufungstests werden an dieser Stelle dargestellt.

Die Ergebnisse des Einstufungstests haben das Bild über die unterschiedlichen Leistungsvoraussetzungen der Auszubildenden des vorherigen Ausbildungsjahrganges bestätigt. Insgesamt haben 110 Schüler (13 Abiturienten und 97 Realschulabsolventen) an dem Chemie-Quiz teilgenommen.

Werden nur Aufgaben, die sich auf den Kenntnisstand eines Realschulabsolventen beschränken, berücksichtigt, verbessern sich die Ergebnisse um 10-15%.

Basiswissen über physikalische Eigenschaften ist vorhanden, während Kenntnisse über chemiebezogenen Grundlagen mangelhaft sind. Ein Verständnis zu Struktur- und Eigenschaftsbeziehungen von Stoffen ist bei weniger als 10% der Testteilnehmer ausgeprägt. Dies zeigen die Ergebnisse der Aufgaben, in denen ein Zusammenhang zwischen Siede- bzw. Schmelztemperatur und den zwischenmolekularen Kräften herzustellen war. Abiturienten haben stärker anwendungsorientiertes Wissen. Obwohl die 13 Abiturienten nur mit Einschränkung als repräsentativ betrachtet werden können.

Der Nutzen dieser Methode zur Feststellung des Leistungsstandes einer Klasse wird durch zwei Aspekte eingeschränkt: Zum einen hatte dieser Test auf die Testteilnehmer teilweise eine abschreckende Wirkung. Zum anderen ist der Aufwand im Verhältnis zur Aussagekraft der Ergebnisse relativ hoch.

3.2 Erprobung eines Unterrichtskonzeptes

Derzeit wurde ein Unterrichtskonzept zur differenzierten Behandlung chemiebezogener Grundlagen entwickelt, erprobt und in Ansätzen evaluiert. Dieses Konzept stellt eine Möglichkeit dar, mentale Modelle hinsichtlich naturwissenschaftlicher Zusammenhänge, d. h. über die (nicht beobachtbare) Struktur der Stoffe, auszubilden, die später in der beruflichen Praxis eine wichtige Grundlage darstellen, analytische Problemstellungen zu bewältigen.

Möglichkeiten an diese mentalen Modelle anzuknüpfen, konnten anhand der analytischen Problemstellungen im geräteorientierten Unterricht verdeutlicht werden. Die Auszubildenden hatten 1. das Verhalten der Stoffe/Stoffsysteme unter bestimmten Bedingungen zu antizipieren bzw. zu erklären, zum Beispiel die Konzentrations- und Temperaturabhängigkeit der Dichte von Lösungen; 2. Hypothesen über die Wirkung

von Handlungen zu entwerfen, wie zum Beispiel das Beschleunigen des Lösens von Kaliumnitrat durch Erwärmen und Rühren; 3. Handlungsmöglichkeiten bzw. Interpretation von Handlungsergebnissen zu entwerfen oder auszuwählen, wie zum Beispiel die Konzentrationsbestimmung einer Unbekannten.

4. Literatur

1. Bloom, B.S. (Hrsg.) 1976, Taxonomie von Lernzielen im kognitiven Bereich. Weinheim: Beltz.
2. Eichhorn, S. 2006, Facharbeit als Innovationsfaktor – dargestellt am Beispiel chemiebezogener Laborarbeit im werkstoffbezogenen Forschungssektor, Dissertation. Dresden: TUDpress.
3. Demuth, R. 2006, Chemie für Einsteiger: Basisinformationen über die chemischen Denk- und Arbeitsweisen. Kiel: IPN.
4. Düwel, F. 2006, Notwendigkeit und Problematik der differenzierten, lernfeldorientierten Behandlung chemiebezogener Grundlagen im Anfangsunterricht der Chemielaborantenausbildung, Vortrag HT 2006, Tagungsdokumentation auf CD-ROM.
5. Düwel, F. 2003, Gestaltung chemiebezogenen Englischunterrichts: ein didaktisch-methodischer Ansatz. In: K. Drechsler, P. Storz & G. Wiesner (Hrsg.), Arbeit – Bildung – Beruf: Berufswissenschaftliche Forschung zur Verbundausbildung für Hochtechnologie-berufe, Band 19. Dresden: wbw Verlag & Mediaservice für Wissenschaft Bildung Wirtschaft.
6. Duffy, T.M. & Jonassen, D.H. 1992, Constructivism and the Technology of Instruction: A Conversation. Hillsday, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
7. Duit, R., Goldberg, F. & Niedderer, H. (Eds.) 1992, Research in Physics Learning: Theoretical Issues and Empirical Studies. Kiel: Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften an der Universität Kiel.
8. Göpferich, S. 2006, Textproduktion im Zeitalter der Globalisierung: Entwicklung einer Didaktik des Wissenstransfers, Habilitationsschrift. Universität Leipzig. Tübingen: Narr.
9. Göpferich, S. 1998, Interkulturelles Technical Writing: Fachliches adressatengerecht vermitteln; ein Lehr- und Arbeitsbuch. Tübingen: Narr.
10. Göpferich, S. 1995a, Textsorten in Naturwissenschaften und Technik: Pragmatische Typologie – Kontrastierung – Translation. Tübingen: Narr.
11. Göpferich, S. 1995b, Von der Terminographie zur Textographie: Computergestützte Verwaltung textsortenspezifischer Textversatzstücke, Fachsprache, 1995/1, 17-41.
12. Göpferich, S. 1995c, Textsorten in Naturwissenschaft und Technik. Pragmatische Typologie – Kontrastierung – Translation, Fachsprache, 1995/2, 162-164.
13. Gruber, H. & Renkl, A. 1997, Wege zum Können: Determinanten des Kompetenzerwerbs. Göttingen: Huber.
14. Herbig, M., 1976, Praxis lehrzielorientierter Tests. Düsseldorf: Schwann.
15. Meyer, H. 1987, Unterrichtsmethoden: Theorieband. Frankfurt am Main: Cornelsen.
16. Meyer, H. 1987, Unterrichtsmethoden: Praxisband. Frankfurt am Main: Cornelsen.
17. Meyer-Willner, G. 1979, Differenzieren und Individualisieren: Begründung und Darstellung des Differenzierungsproblems. Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt.
18. Niethammer, M. 2006, Berufliches Lernen und Lehren in Korrelation zur chemiebezogenen Facharbeit, Ansprüche und Gestaltungsansätze, Habilitationsschrift an der TU Dresden 2004. Bielefeld: Bertelsmann.
19. Pogner, K.-H. 1999, Schreiben im Beruf als Handeln im Fach, Dissertation Universität Odense/Dänemark. Tübingen: Narr.
20. Rouet, J.-F. 2006, The Skills of Document Use: From Text Comprehension to Web-Based Learning. Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
21. Wagenstein, M. 1997, Verstehen lernen: Genetisch - Sokratisch – Exemplarisch. Weinheim: Beltz.
22. Wolze, W. 1989, Zur Entwicklung naturwissenschaftlicher Erkenntnisssysteme im Lernprozeß. Wiesbaden: Deutscher Universitäts-Verlag.

Die Doppelrolle von Führung in der betrieblichen Gesundheitsförderung – Eine empirische Untersuchung zu Belastung, Beanspruchung, Bewältigung und gesundheitsförderlicher Führung

Barbara WILDE

*Institut für Psychologie, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg,
Engelbergerstraße 41, D-79085 Freiburg*

Kurzfassung: Dieser Beitrag befasst sich mit der Doppelrolle von Führungskräften in der betrieblichen Gesundheitsförderung. Zum einen werden theoretische Überlegungen und empirische Ergebnisse zu Arbeitsbedingungen und Bewältigungsmöglichkeiten von Führungskräften sowie deren Auswirkungen auf die Gesundheit berichtet. Zum anderen wird der Einfluss von Führungskräften auf die Gesundheit der Mitarbeiter dargestellt und ein Rahmenmodell der Bedingungsfaktoren gesundheitsförderlicher Führung vorgestellt. Abschluss bildet jeweils die Ableitung von Forschungsfragen und -hypothesen.

Schlüsselwörter: Führungskräfte, Arbeitsbedingungen, Befinden.

1. Einleitung

Führung als Tätigkeit hat in zweierlei Hinsicht eine bedeutende Rolle in der betrieblichen Gesundheitsförderung. Die Tätigkeit der Führung ist für die Ausübenden mit Belastungen verbunden, Führung hat aber auch einen Einfluss auf Belastung und Beanspruchung der Geführten. Diese Doppelrolle von Führung macht Führungskräfte zu einer entscheidenden Zielgruppe im Rahmen der betrieblichen Gesundheitsförderung. Anliegen des geplanten Promotionsvorhabens ist es deshalb, sich näher mit dieser Personengruppe im Kontext der betrieblichen Gesundheitsförderung auseinanderzusetzen. Dabei sollen Führungskräfte sowohl in Bezug auf die eigene Gesundheit, als auch in ihrer Funktion als Mitverantwortliche für die Gesundheit ihrer Mitarbeiter betrachtet werden.

2. Belastung, Beanspruchung und Bewältigung bei Führungskräften

Die Führungstätigkeit ist sehr komplex und vielfältig und deshalb schwierig in Aufgaben zu beschreiben. Aus diesem Grund gibt es kaum eine spezifische Aufgabenbeschreibungen zu den Tätigkeitsbereichen von Führungskräften (Büssing & Glaser 1998). Gerne greift man deshalb in diesem Zusammenhang auf die Managementfunktionen zurück (Planen, Organisieren, Personalplanung, Anweisungen, Koordinieren, Berichten, Kontrollieren, Leiten und Budgetierung, Staehle 1999). Dabei handelt es sich aber noch nicht um eine Aufzählung der Aufgaben von Führung. Führung beinhaltet zwar Management, geht aber darüber hinaus (Thom 2007).

Bisher gibt es nur wenige Beiträge, die Führung als Tätigkeit unter arbeitspsychologischer Perspektive diskutieren (Steinmetz 2006). Es lassen sich verschiedene Theoriestränge heranziehen, um einen arbeitspsychologischen Blick auf die Führungstätigkeit zu werfen. Unter dem Blickwinkel des soziotechnischen Systemansatz-

zes (Ulich 2005) ist die Führungstätigkeit durch einen hohen Anteil an Sekundäraufgaben (Systemerhaltung, Regulation) im Vergleich zu den Primäraufgaben (Aufgaben, die durch das System erfüllt werden sollen, z. B. Produkterstellung) geprägt. Nachdem Sekundäraufgaben in soziotechnischen Systemen durch unvorhersehbare Schwankungen und Störungen notwendig werden (Schüpbach in Druck a), ist anzunehmen, dass die Arbeitsbedingungen von Führungskräften aufgrund von Unvorhersehbarkeiten per se als stressend im Rahmen des primären Bewertungsprozesses nach Lazarus und Folkman (1984) bewertet werden. Eine entscheidende Rolle für das Erleben von Stress werden demnach die zur Verfügung stehenden Ressourcen und damit die Bewältigungsmöglichkeiten spielen. In Anbetracht der häufig genannten Sandwichposition von unteren und mittleren Führungskräften, die zwischen den Produktivitätserwartung ihrer Vorgesetzten und den Erwartungen an gute Arbeitsbedingungen ihrer Mitarbeiter stehen, ist allerdings zu befürchten, dass es um Ressourcen nicht sonderlich gut bestellt ist.

Unter handlungsregulationstheoretischen Gesichtspunkten können die Arbeitsmerkmale von Führungskräften entsprechend der Klassifikation von Regulationsanforderungen, Regulationsmöglichkeiten (Ressourcen) und Regulationsproblemen (Stressoren) betrachtet werden (Frese & Zapf 1994). Bei den Anforderungen können Komplexität und Variabilität als Merkmale von Führungstätigkeiten angesehen werden; es zeigt sich, dass diese von Führungskräften als hoch wahrgenommen werden (Steinmetz 2006). Bei den Stressoren ist, wie bereits im Zusammenhang mit dem soziotechnischen Systemansatz beschrieben, davon auszugehen, dass die Tätigkeit von Führungskräften von einer Stressorenvielfalt geprägt ist. Empirische Hinweise auf Stressoren finden sich in der Untersuchung von Steinmetz (2006) sowie z. B. in Studien zu den Arbeitszeiten von Führungskräften, die in erheblichem Maße höher sind als die übriger Arbeitnehmer (Kohn & Breisig 1999). Es bleibt die spannende Frage nach ausreichenden Ressourcen, um Anforderungen und Stressoren zu bewältigen bzw. zu puffern. Die zentrale Rolle auf bedingungsbezogener Seite spielen dabei Tätigkeitsspielräume und soziale Unterstützung. Ergebnisse einer Studie von Büssing & Glaser (1998) zeigen, dass der Gestaltungsspielraum von Führungskräften hoch ist, Handlungs- und Entscheidungsspielräume allerdings geringer als erwartet ausfallen. Bisher noch ungeklärt ist, welche soziale Unterstützung Führungskräften im Arbeitskontext zukommt.

Vergleichsweise gering ausgeprägte Ressourcen im Verhältnis zu hohen Anforderungen und Stressoren wären eine Erklärung für die gesundheitlichen Beschwerden, die sich bei Führungskräften finden. So zeigt eine Studie des Instituts für Arbeits- und Sozialhygiene zum Gesundheitszustand von Führungskräften, dass 85% an vegetativen Beschwerden oder Befindensstörungen an Herz, Kreislauf und Magen-Darm leiden (Klemusch 1998).

Es ist zu befürchten, dass der Wandel in der Arbeitswelt hin zu Dezentralisierung, also Verlagerung der Planungs- und Entscheidungsbefugnisse in die Verantwortung der wertschöpfenden Bereiche (Brödner 2002) diese Situation weiter verschärft. Dezentrale Organisationen werden nicht mehr über Anweisungen, sondern über integrierte Managementsysteme gesteuert, beispielsweise über Zielvereinbarungen (ebd.). Peters & Sauer (2005) sprechen in diesem Zusammenhang von indirekter Steuerung. Damit ist eine zunehmende Ergebnisverantwortung der Führungskräfte aber auch ihrer Mitarbeiter verbunden. Wenn dabei nicht gleichzeitig die oben beschriebenen Ressourcen in angemessener Weise erhöht werden, sind negative gesundheitliche Auswirkungen zu erwarten.

Führungskräfte werden bereits in vielen deutschen Unternehmen mit Zielen ge-

führt, bei Angestellten und Arbeitern ist die Verbreitung noch nicht so weit vorangeschritten (Hölzle 2000). Welche Belastungen, Beanspruchung und Bewältigungsmöglichkeiten bei Führungskräften damit einhergehen, ist empirisch noch nicht untersucht worden. Deshalb sollen im geplanten Promotionsvorhaben folgende Fragestellungen bearbeitet werden:

- Durch welche Konstellation von Anforderungen, Stressoren und Ressourcen sind die Arbeitsbedingungen von Führungskräften gekennzeichnet ?
- Welche Zusammenhänge zeigen sich zwischen den Arbeitsbedingungen von Führungskräften und Indikatoren ihrer Gesundheit ?
- Welche erfolgreichen Bewältigungsstrategien verwenden Führungskräfte bereits, um mit den Arbeitsbedingungen umzugehen ?

3. Der Einfluss auf Belastung, Beanspruchung und Bewältigung der Mitarbeiter

Führungskräfte haben verschiedene Möglichkeiten, die Belastung, Beanspruchung und Bewältigung ihrer Mitarbeiter zu beeinflussen. So finden sich zum Beispiel im Barmer Gesundheitsreport 2007 Berichte über verschiedene Zusammenhänge zwischen mitarbeiterorientierter Führung und psychischem und körperlichem Befinden von Mitarbeitern. Neben diesem direkten Einfluss des Führungsverhaltens auf die Mitarbeitergesundheit haben Führungskräfte darauf auch in indirekter Weise einen Einfluss: Zum einen sind sie Gestalter von Arbeitsbedingungen (Ulich 2005) und können dadurch beispielsweise die Ressourcen beeinflussen, die ihren Mitarbeiter zur Bewältigung im Umgang mit Anforderungen und Stressoren zur Verfügung stehen. Zum anderen haben Führungskräfte eine erfolgskritische Rolle bei der betrieblichen Gesundheitsförderung (Schulte & Bamberg 2002); sie gelten als deren Motor, da sie maßgeblich Einfluss darauf haben, ob und wie Gesundheitsförderungsmaßnahmen in ihrem Bereich umgesetzt werden. So können Wilde et al. (in Druck) zeigen, dass die Unterstützung eines Gesundheitsförderungsprojekts durch die Führungskraft mit dem Erfolg des Projekts zusammenhängt.

Die Wirkungen von Führungskräften auf die Gesundheit ihrer Mitarbeiter sind also vielseitig und können als unumstritten betrachtet werden. Für Unternehmen ist es demnach von großer Bedeutung, dass ihre Führungskräfte diese Möglichkeiten nutzen und gesundheitsförderlich führen. Allerdings ist relativ wenig darüber bekannt, welche Bedingungen vorliegen müssen, damit Führungskräfte dies auch tatsächlich umsetzen. Schulte & Bamberg (2002) haben für eine erste Antwort auf diese Frage ein theoretisches Konzept zum individuellen Gesundheitsverhalten auf den betrieblichen Kontext übertragen. Dieser Weg soll hier fortgeschritten werden. Dafür werden zwei häufig verwendete theoretische Konzepte zum individuellen Gesundheitsverhalten herangezogen, um ein Rahmenmodell der Bedingungsfaktoren gesundheitsförderlicher Führung zu erstellen. Es handelt sich um den Health Action Process Approach (HAPA, Schwarzer 1996) und die Theorie des geplanten Handelns (Ajzen & Fishbein 1980). Folgende Einflussgrößen wurden in das Rahmenmodell aufgenommen: wahrgenommene betriebliche Normen zum Thema Gesundheit, persönliche Einstellung zum Thema Gesundheit, wahrgenommene Einflüsse auf die Mitarbeitergesundheit und wahrgenommene Kompetenzen bezüglich gesundheitsförderlicher Führung. Dabei wird davon ausgegangen, dass die genannten Faktoren die Intention, gesundheitsförderlich zu führen, beeinflussen, die wiederum auf die Planung, gesundheitsförderlich zu führen wirkt, welche wiederum die Wahrscheinlichkeit, tatsächlich gesundheitsförderlich zu führen, erhöht. Die genannten Annahmen sollen im

Rahmen des geplanten Promotionsvorhabens überprüft werden.

Weiterhin sollen in diesem Zusammenhang die Auswirkungen des bereits unter Punkt 2 beschriebenen Wandels in der Arbeitswelt hin zu einer höheren Ergebnisverantwortung für Führungskräfte und deren Mitarbeiter untersucht werden. In der Ergebnisverantwortung ist nahezu zwangsläufig auch die Mitverantwortung für die Auswirkungen der Arbeit auf die Gesundheit enthalten (Schüpbach in Druck b). Dabei ist allerdings zu vermuten, dass der (eher langfristigen) Auswirkung auf die Gesundheit in Unternehmen eine geringere Bedeutung als dem (eher kurzfristigen) Produktionsergebnis zukommt und so auch die benötigten Ressourcen, um die Gesundheit zu erhalten und zu fördern, nicht ausreichend zur Verfügung stehen. Es wird deshalb angenommen, dass bei höherer Ergebnisverantwortung die Bedingungsfaktoren gesundheitsförderlicher Führung ungünstiger ausfallen und in der Konsequenz auch die gesundheitsförderliche Führung geringer ausgeprägt ist.

4. Literatur

1. Ajzen, I. & Fishbein, M. 1980, Understanding attitudes and predicting social behavior. Englewood Cliffs: Prentice-Hall.
2. Barmer Ersatzkasse 2007, Barmer Gesundheitsreport 2007. Wuppertal: Barmer Ersatzkasse.
3. Brödner, P. 2002, Macht Arbeit wieder krank? Flexibilität und nachhaltige Gestaltung von Arbeit, Manuskript. Gelsenkirchen: Institut für Arbeit und Technik.
4. Büssing, A. & Glaser, J. 1998, Managerial Stress and Burnout: A collaborative International Study (CISMS), Die deutsche Untersuchung, Bericht Nr. 44. München: Berichte aus dem Lehrstuhl für Psychologie der Technischen Universität.
5. Frese, E. & Zapf, D. 1994, Action as a core of work psychology. In: H.C. Triandis, M.D. Dunette & L.M. Rouse (Eds.), Handbook of industrial and organizational psychology, Volume 4. Palo Alto: Consulting Psychology Press Inc, 271-340.
6. Hölzle, P. 2000, Die Anwendung des Führungsinstruments ‚Zielvereinbarung‘ in der deutschen Wirtschaft. In: O.L. Braun (Hrsg.), Zielvereinbarung im Kontext strategischer Organisationsentwicklung. Landau: Verlag Empirische Pädagogik, 75-100.
7. Klemusch, M. 1998, Gesundheit und Fitneß als Leistungsfaktoren, Personalführung, 7, 22-24.
8. Kohn, S. & Breisig, T. 1999, Teilzeitarbeit für Führungskräfte ?, Arbeit, 8, 162-178.
9. Lazarus, R.S. & Folkman, S. 1984, Stress, Appraisal and Coping. New York: Springer.
10. Peters, K. & Sauer, D. 2005, Indirekte Steuerung - eine neue Herrschaftsform - Zur revolutionären Qualität des gegenwärtigen Umbruchprozesses. In: H. Wagner (Hrsg.), „Rentier‘ ich mich noch ?“ - Neue Steuerungskonzepte im Betrieb. Hamburg: VSA, 23-58.
11. Schulte, M. & Bamberg, E. 2002, Ansatzpunkte und Nutzen betrieblicher Gesundheitsförderung aus der Sicht von Führungskräften, Gruppendynamik und Organisationsberatung, 33, 369-384.
12. Schüpbach, H. in Druck a, Arbeitstätigkeit und Arbeitshandeln in soziotechnischen Systemen – ein Beitrag zur Diskussion. In: P.G. Richter, R. Rau & S. Mühlpfordt (Hrsg.), Arbeit und Gesundheit, Festschrift für Peter Richter. Lengerich: Pabst.
13. Schüpbach, H. in Druck b, Die Rolle der Führungskräfte bei der Entwicklung und Umsetzung partizipativer Konzepte der Gesundheitsförderung. In: Tagungsband zur Tagung „Präventiver Arbeits- und Gesundheitsschutz 2020“.
14. Schwarzer, R. 1996, Psychologie des Gesundheitsverhaltens. Göttingen: Hogrefe.
15. Stadler, P. & Spieß, E. 2003, Psychosoziale Gefährdung am Arbeitsplatz. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW.
16. Staehle, W.H. 1999, Management. München: Vahlen.
17. Steinmetz, B. 2006, Stressmanagement für Führungskräfte. Hamburg: Verlag Dr. Kovac.
18. Thom, N. 2007, Einführung in das Management: Führungslehre. Bern: IOP-Verlag.
19. Ulich, E. 2005, Arbeitspsychologie. Zürich: vdf.
20. Wilde, B., Hinrichs, S. & Schüpbach, H. in Druck, Der Einfluss von Führungskräften und Kollegen auf die Gesundheit der Beschäftigten – Zwei empirische Untersuchungen in einem Industrieunternehmen, Wirtschaftspsychologie.

Ein Konzept zur Untersuchung des interdisziplinären kollaborativen Problemlöseprozesses beim mechatronischen Konstruieren

Monika HACKEL

*Institut für Erziehungswissenschaft und Medienforschung,
FernUniversität in Hagen, Universitätsstraße 11, D-53871 Hagen*

Kurzfassung: Der mechatronische Konstruktionsprozess als interdisziplinärer kollaborativer Problemlöseprozess wird im Rahmen der sozialwissenschaftlichen Begleitforschung des Projektes AQUIMO schrittweise analysiert um arbeitswissenschaftliche Empfehlungen zur Entwicklung eines computerbasierten Konstruktionswerkzeugs, eines Vorgehensmodells für den interdisziplinären Konstruktionsprozess und einer Qualifizierungsmaßnahme daraus abzuleiten. Diese vielschichtige Aufgabenstellung erfordert einen mehrperspektivischen Analyseansatz. Dieser wurde im Ansatz der entwickelnden Arbeitsforschung der Tätigkeitstheorie nach Engeström gefunden. Auf dieser Grundlage werden Anforderungen an ein mechatronisches Tätigkeitssystem begründet und in mehreren Fallbeispielen mit unterschiedlicher Fokussierung dokumentiert.

Schlüsselwörter: Tätigkeitstheorie, Mechatronik, Kooperation, interdisziplinäre Konstruktion.

1. Einleitung

Der mechatronische Konstruktionsprozess zeichnet sich durch die Notwendigkeit der Zusammenarbeit unterschiedlicher ingenieurwissenschaftlicher Disziplinen aus: Mechanik, Elektrotechnik und Informationstechnologie. Bisher verlaufen die Konstruktionsprozesse der einzelnen Disziplinen im Maschinen- und Anlagenbau, von einzelnen Abstimmungssitzungen abgesehen, relativ unabhängig von einander. Im Rahmen des Projektes AQUIMO wird nun ein Prozessmodell identifiziert und ein computerunterstütztes Modellierungswerkzeug zur Unterstützung dieses Prozesses entwickelt. Dies ermöglicht den einzelnen Disziplinen intensiver als bisher zusammenzuarbeiten. Durch die frühzeitige Identifikation von Anforderungen und Hemmnissen aus der jeweils anderen Disziplin, wird der gemeinsame Konstruktionsprozess optimiert und synchronisiert. Im Rahmen einer Qualifizierungsmaßnahme wird der Umgang mit der Methode vermittelt. Durch die sozialwissenschaftliche Begleitung des Projektes fließen arbeitswissenschaftliche und mediendidaktische Erkenntnisse in das Projekt ein.

Der tätigkeitstheoretische Ansatz der entwickelnden Arbeitsforschung nach Engeström (Engeström 1999) erscheint als arbeitswissenschaftliches Analysemodell für diese Aufgabenstellung besonders geeignet. Neben den individuellen Handlungsvollzügen der einzelnen Subjekte wird hier auch der Aspekt der Arbeitsteilung berücksichtigt. Zudem werden Widerstände innerhalb eines Tätigkeitssystems oder Behinderungen, die durch miteinander konkurrierende Tätigkeitssysteme entstehen, als Ausgangspunkt für expansives Lernen angesehen.

2. Theoretische Einordnung und methodisches Vorgehen

Die entwickelnde Arbeitsforschung nach Engeström basiert auf den Studien der russischen kulturhistorischen Schule von Wygotsky, Luria und Leontjew. Engeström betrachtet menschliche Tätigkeit als einen sich kontinuierlich verändernden Prozess wobei die Veränderung von den Akteuren des Tätigkeitssystems ausgeht.

Die entwickelnde Arbeitsforschung kann als eine spezifische Form der Aktionsforschung angesehen werden. Vor dem Hintergrund der tätigkeitstheoretischen Analysestruktur werden die für das zu untersuchende Tätigkeitssystem relevanten Fragestellungen eingeordnet und geeignete sozialwissenschaftliche Methode ausgewählt. Bei der Untersuchung und Analyse von Tätigkeitssystemen haben die Praktiker des Tätigkeitssystems einen besonderen Stellenwert. Ihre Rolle ist nicht darauf beschränkt als Forschungsobjekt passiv in den Forschungsprozess mit eingebunden zu werden. Stattdessen nehmen Sie als aktive Akteure am Forschungs- und Entwicklungsprozess teil.

Das allgemeine Forschungsdesign der entwickelnden Arbeitsforschung wird in Abbildung 1 in Anlehnung an Engeström (1999, S. 80) dargestellt.

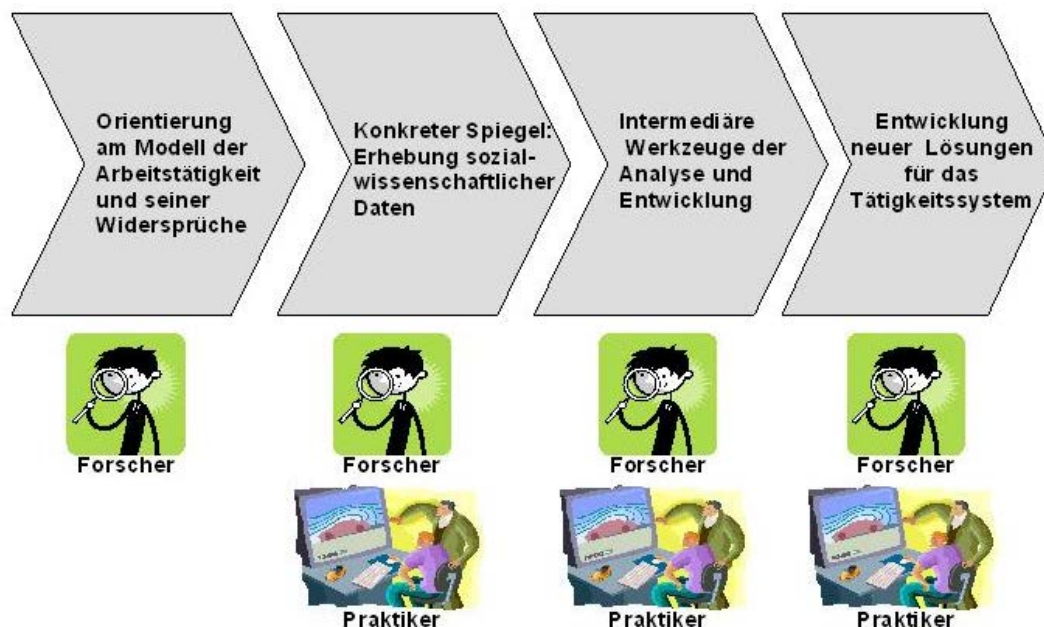


Abbildung 1: Untersuchungsdesign der entwickelnden Arbeitsforschung in Anlehnung an Engeström

Der Forschungsprozess umfasst drei Schritte. Der Forscher orientiert sich am Modell der Arbeitstätigkeit und seiner Widersprüche und hält den Akteuren des Tätigkeitssystems mit sozialwissenschaftlichen erhobenen Daten einen Spiegel Ihres Tätigkeitssystems vor. Mit intermediären Werkzeugen der Analyse und Entwicklung werden diese Daten dann gemeinsam betrachtet und nach neuen Lösungen für das Tätigkeitssystem gesucht. Hierbei nimmt der Forscher eine moderierende Rolle ein und zeigt Möglichkeiten auf, die von den Praktikern auf die Relevanz und Brauchbarkeit für Ihr Tätigkeitssystem geprüft werden, woraus neue Lösungen für die Gestaltung des Tätigkeitssystems entstehen. Diese Schritte werden in verschiedenen Iterationsstufen durchlaufen, welche jeweils wieder den Einsatz unterschiedlicher, für die sich entwickelnden Forschungsfragen angemessener Methoden erforderlich machen. Hierbei ist zu unterscheiden zwischen Methoden der sozialwissenschaftlichen Da-

tenerhebung und Methoden zur intermediären Vermittlung und Analyse.

2.1 Design der Untersuchungsschritte im Projekt

Im Projekt AQUIMO wurde für die Analyse des mechatronischen Tätigkeitssystems gemeinsam mit den Projektpartnern folgende für das Projekt relevante Fragestellungen identifiziert. Hierbei wurden orientiert am Modell der Tätigkeit Fokussierungen vorgenommen, die in Abbildung 2 dargestellt sind:

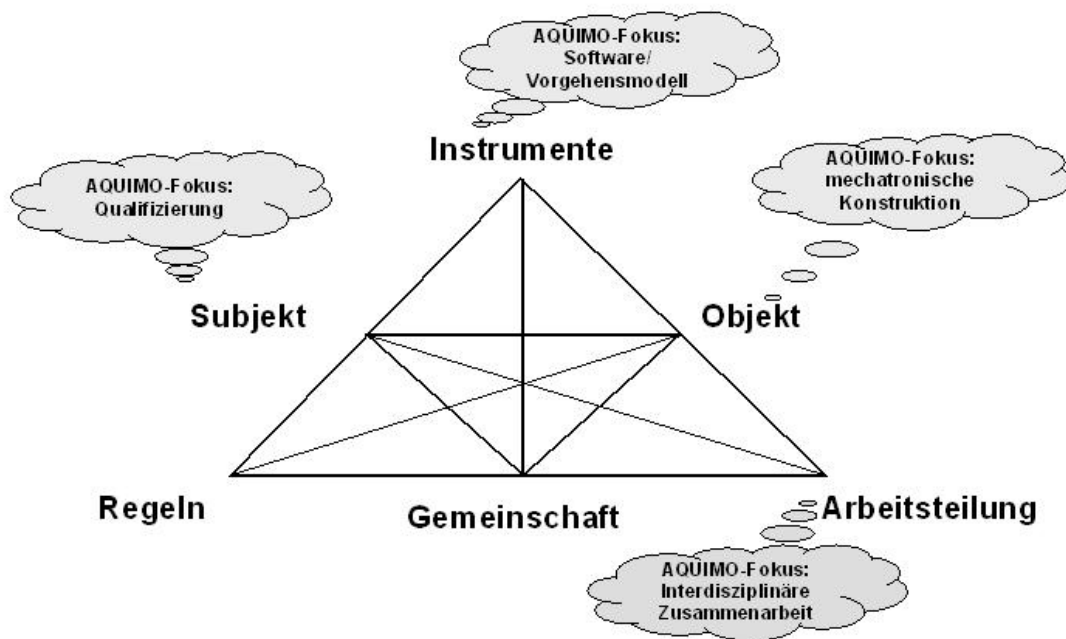


Abbildung 2: Das Modell der Tätigkeit nach Engeström (1999, S.91) und die im Projekt gesetzten Fokussierungen

Engeström (1999) stellt die Struktur der menschlichen Tätigkeit in Form eines Dreiecksmodells dar. Dieses Analysedreieck beleuchtet die unterschiedlichen Aspekte des Tätigkeitssystems, die zueinander in einem kontinuierlichen Austausch stehen und sich somit gegenseitig beeinflussen. Für die Analyse des Tätigkeitssystems ist daher die Betrachtung aller Aspekte von Bedeutung. Durch eine Schwerpunktsetzung können die für das Tätigkeitssystem besonders relevant erscheinende Aspekte tiefer ausgeleuchtet werden.

Zunächst wird der wissenschaftliche Forschungsstand zum interdisziplinären mechatronischen Konstruieren ermittelt um daraus die theoretische Basis für das Tätigkeitssystem mechatronische Konstruktion abzuleiten. Im Projekt werden nun in verschiedenen Fallbeispielen die unterschiedlichen Fokussierungen in konkreten Tätigkeitssystemen beleuchtet. Als Untersuchungsfeld stehen die Konstruktionsabteilungen von drei Firmen des Maschinen- und Anlagenbaus zur Verfügung.

Ausgangspunkt ist zunächst die Analyse der Schwierigkeiten in der interdisziplinären Zusammenarbeit in den Konstruktionsabteilungen. Hierzu werden Mitarbeiter aus den unterschiedlichen Disziplinen in strukturierten Leitfadeninterviews befragt. Im Verlauf des Interviews werden subjektiv relevante Begriffe ermittelt, die dann in Form eines Concept Maps in Struktur-Lege-Technik mit vorher festgelegten Relationen verknüpft werden (z.B. Bonato 1990; Scheele & Groeben 1984). Als intermediäres Werkzeug für diese Integration der Daten dient die Auseinandersetzung

mit den unterschiedlichen Concept Maps im Rahmen einer Gruppendiskussion. Die Interviews und die Gruppendiskussion werden auf Tonträger aufgezeichnet und inhaltsanalytisch ausgewertet. Ziel dieses Vorgehens ist die Ableitung von Anforderungen an das computerbasierte Konstruktionswerkzeug und Empfehlungen für das Vorgehensmodell und die Qualifizierungsmaßnahme.

In weiteren Fallbeispielen wird die Arbeit mit der neu entwickelten Methodik unter dem Gesichtspunkt der Angemessenheit des Vorgehensmodells und der Usability der Software untersucht. Die Datenerhebung zum Vorgehensmodell erfolgt mit der Konstruktionslandkarte (Schroda 2000), die hinsichtlich des vorliegenden Vorgehensmodells angepasst wird und von den Konstrukteuren während der Bearbeitung eines Konstruktionsauftrags ausgefüllt wird. Nach Auswertung der Daten hinsichtlich Ablauf, Knotenhäufigkeiten und Ergänzungen durch die Konstrukteure wird wieder in Form einer Gruppendiskussion das Forschungsfeld in die Analyse mit einbezogen. Die Erhebung zur Usability soll mit dem Fragebogen zur Softwareergonomie (Prümper & Anft 1993) erfolgen und in einem Workshop mit Anwendern und Gestaltern der Software diskutiert werden.

In der Fokussierung auf die Subjekte des Tätigkeitssystems interessiert besonders welche Kompetenzen für die mechatronische Konstruktion und die interdisziplinäre Zusammenarbeit von Bedeutung sind. Daher wird in allen Fallbeispielen ein besonderer Analyseschwerpunkt auf die Ermittlung von Qualifizierungsbedarf gelegt. Nach tätigkeitstheoretischem Verständnis kann dieser aus den Widerständen im Tätigkeitssystem abgeleitet werden.

3. Literatur

1. Bonato, M. 1990, Wissensstrukturierung mittels Struktur-lege-Techniken: Eine graphentheoretische Analyse von Wissensnetzen. Frankfurt am Main: Peter Lang.
2. Engeström, Y. 1999, Lernen durch Expansion. Marburg: BdWi-Verlag.
3. Prümper, J. & Anft, M. 1993, Die Evaluation von Software auf Grundlage des Entwurfs zur internationalen Ergonomie-Norm ISO 9241 Teil 10 als Beitrag zur partizipativen Systemgestaltung - ein Fallbeispiel. In: K.-H. Rödiger (Hrsg.), Software-Ergonomie '93. Von der Benutzungsoberfläche zur Arbeitsgestaltung. Stuttgart: Teubner, 145-156.
4. Scheele, B. & Groeben, N. 1984, Die Heidelberger Struktur Lege Technik (SLT). Weinheim: Beltz.
5. Schröda, F. 2000, Über das Ende wird am Anfang entschieden. Berlin: Technische Universität Berlin.

Geschäfts- und Arbeitsprozesse in der gewerblich- technischen Berufsbildung

Henning KLAFFKE

*Institut für Technik, Arbeitsprozesse und Berufliche Bildung (G3),
Technische Universität Hamburg-Harburg,
Eißendorfer Straße 40, D-21073 Hamburg*

Kurzfassung: Im Rahmen eines berufswissenschaftlichen Dissertationsvorhabens wird ein Instrument zur Analyse und Beschreibung von Geschäfts- und Arbeitsprozessen zum Aufbau gestaltungsorientierter Berufsbildungsmaßnahmen entwickelt. Dieser Beitrag gibt einen Überblick über Problemstellung, Relevanz, das Forschungsdesiderat sowie das Forschungsdesign des Dissertationsvorhabens.

Schlüsselwörter: Geschäfts- und Arbeitsprozesse, Gestaltungsorientierung, Berufliche Bildung.

1. Einleitung und Problemstellung

Neue Technologien und neue Formen der Arbeitsorganisation haben die Arbeit seit den achtziger Jahren des 20. Jahrhunderts grundlegend verändert.

Vor dieser Zeit, in der Phase des Fordismus, war das Wissen um die gesamte Produktion eines Unternehmens in den Maschinen eingebaut, die vom Arbeiter "nur" bedient wurden. Standardisierte Fertigung und normierte Lohnarbeit ermöglichten eine regulierte Massenproduktion. Die klassische Form der Arbeitsorganisation im Fordismus war die Fließbandarbeit. Für die Arbeiter stand klar der Erwerbsaspekt der Arbeit im Vordergrund und es wurden Verrichtungstätigkeiten durchgeführt, auf die nach tayloristischen/ behavioristischen Sinne qualifiziert wurde.

In modernen Produktionsprozessen und unter dem anhaltend schnellen Wechsel der Produktzyklen ist der Wert um das Wissen der wertschöpfenden Produktionsprozesse eines Unternehmens zunehmend von größerem Wert als die Produktionsmittel selbst. Die Förderung beruflicher Handlungskompetenz der Arbeiter wird vom Management zunehmend als wichtige produktive Ressource erkannt und systematisch in die Arbeitsorganisation einbezogen (vgl. Zimmer 2005).

Dieser Paradigmenwechsel wird in der Literatur u.a. als Postfordismus oder Entgrenzung bzw. Subjektivierung der Arbeit bezeichnet. (vgl. Greinert 1999).

Unter Subjektivierung der Arbeit wird eine Verlagerung des Wissens auf die Arbeitnehmer verstanden. Die steigenden Ansprüchen erwerbstätiger Menschen an eine ‚eigensinnige‘ Gestaltung sowohl der Berufstätigkeit als auch des Privatlebens werden dabei aufgenommen und fließen in den Produktionsprozess ein. Autonomie, informelles Wissen und Selbstentfaltungsmöglichkeiten im Beruf wie im Privatleben sind dafür prominente Stichworte.

Bereits 1970 heißt es in den Empfehlungen der Bildungskommission zum Strukturplan für das Bildungswesen: "Das Ziel der beruflichen Bildung soll nicht allein darin gesehen werden, dass der Einzelne in der Berufswelt spezialisierte Tätigkeiten ausführen kann, sondern ebenso darin, dass er über allgemeine Fähigkeiten verfügt, wie die Erkenntnis von Zusammenhängen, zum selbständigen Handeln, zur Kooperation und Verantwortung. Der Lernprozess wird grundsätzlich als Einheit gesehen,

in der allgemeine und berufliche oder praktische und theoretische Bildung nicht voneinander zu isolieren sind.“ (vgl. Härtel & Zinke 2007)

Die Anforderungen, die aus der Subjektivierung der Arbeit resultieren, wurden in den Konzepten der Berufsbildung aufgenommen. Nicht die Qualifikation für spezifische Arbeitstätigkeiten steht somit im Vordergrund beruflicher Aus- und Weiterbildung, sondern das Wissen um den Arbeitsprozess. (vgl. Rauner 2005)

2. Forschungsdesiderat

Das Verhältnis und die Verbindung von Arbeitsprozessen beruflicher Facharbeit zu den Geschäftsprozessen eines Unternehmens werden in der berufswissenschaftlichen Forschung vielfach diskutiert.

Die Wertschöpfungskette stellt den primären Geschäftsprozess eines Unternehmens dar und besteht aus funktional zusammenhängenden Aktivitäten, die zu einem inhaltlich abgeschlossenen Ergebnis führen (vgl. Schulte & Zurhausen 2005). Anders ausgedrückt bezeichnet die Wertschöpfungskette den „Ablauf eines für die Wertschöpfung einer Organisation wichtigen Vorgangs von seiner Entstehung bis zu seiner Beendigung“ (Scheer & Zimmermann 1996).

Arbeitsprozesse hingegen sind typische Merkmale eines beruflichen Handlungssystems (Berufes) und stellen eine vollständige Arbeitshandlung zur Erfüllung eines betrieblichen Arbeitsauftrags dar. Ein Arbeitsprozess greift konkrete Arbeitsergebnisse, Methoden, Werkzeuge und Organisationsformen berufsförmiger Arbeit mit ihren individuellen, betrieblichen und gesellschaftlichen Bezügen bzw. Anforderungen auf. Gegenstand sind konkrete Produkte oder Dienstleistungen, die hinsichtlich ihres Gebrauchswerts für den Kunden bzw. den Betrieb bewertbar sind. (vgl. Hägele 2002)

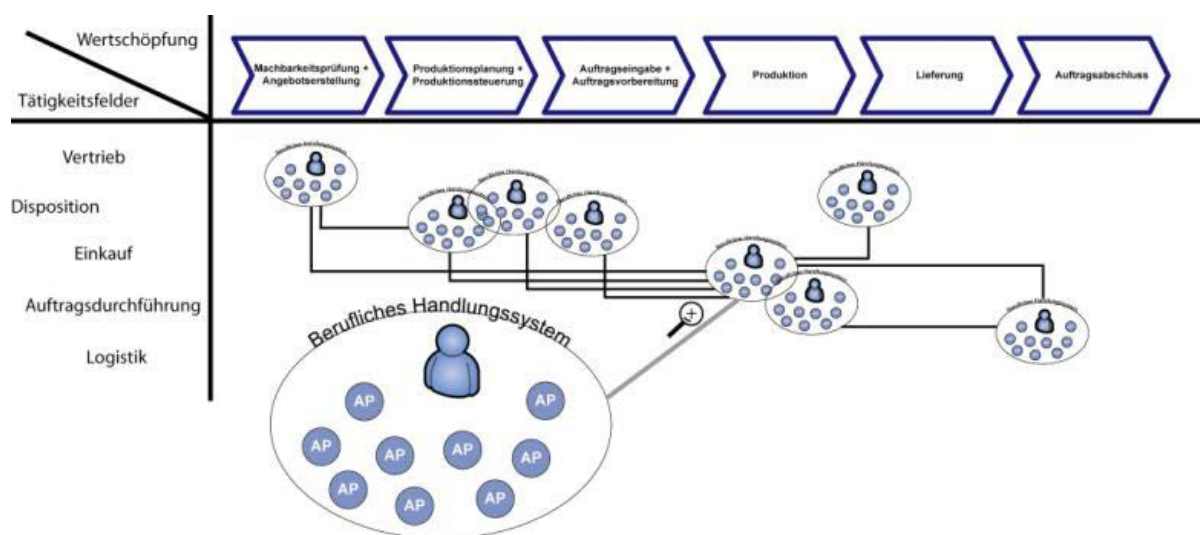


Abbildung 1: Berufliche Handlungssysteme innerhalb eines Unternehmens

Wie auf der Abbildung 1 zu erkennen ist, erfüllen die beruflichen Handlungssysteme elementare Funktionen in den Teilbereichen der Wertschöpfungskette. Laut Hägele schließt jeder Arbeitsprozess im Sinne einer vollständigen Arbeitshandlung mit einem entsprechenden (Teil-)Produkt ab. Diese Produkte, aber auch einzelne Arbeitsschritte, erfordern Zuarbeiten oder Ergebnisse aus anderen Arbeitsprozessen und stehen somit in Verbindung.

Zur Erfüllung des Arbeitsprozesses sind somit personenübergreifende, abteilungsübergreifende und manchmal unternehmensübergreifende Kommunikations- Daten- und Informationswege notwendig.

Zunehmende Anforderungen an die beruflichen Handlungssysteme aufgrund von Prozess- und Produktionsveränderungen durch neue Technologien oder Werkzeuge, sowie Internationalisierung der Märkte und steigende Ansprüche der Kunden verändern Arbeitsprozesse oder ganze berufliche Handlungssysteme, lassen diese verschwinden oder neu entstehen.

Diese Veränderung zu erfassen und für die Berufsbildung nutzbar zu machen, ist bisher nur unzureichend gelungen. Es fehlen Instrumente und Verfahren, die Geschäfts- und Arbeitsprozesse im Verbund analysieren und so beschreiben, damit sie für Qualifizierungs- und Berufsbildungsmaßnahmen im Sinne des Aufbaus beruflicher Handlungskompetenz genutzt werden können.

3. Forschungsfrage

In der berufswissenschaftlichen Qualifikationsforschung beziehen sich die Analysen von Arbeitsprozessen auf die Ebene der beruflichen und gewerblich-technischen Facharbeit. Integriert in berufswissenschaftliche Konzepte bilden die Analysen die Grundlage für die Ausbildung beruflicher Handlungsfähigkeit.

Die Dynamik der beruflichen Handlungssysteme, die sich verändernden Arbeitsprozesse und die Auswirkungen auf die berufliche Facharbeit, werden allerdings nur unzureichend aufgegriffen und analysiert.

In den wirtschaftswissenschaftlichen Forschungsansätzen zielen die Methoden des Geschäftsprozessmanagements auf Produktivität und Effizienz zur Erfüllung der Bedürfnisse der Kunden und tragen dazu bei, die strategischen und operativen Ziele eines Unternehmens zu erreichen. Als Ergebnis der Methoden können Ziele und Inhalte für (betriebliche) Aus- und Weiterbildung benannt werden, die allerdings als subjektiv und spezifisch zu bezeichnen sind. Eine Nutzung für berufliche Bildungsmaßnahmen im Sinne einer Gestaltungsorientierung reichen diese Methoden nur bedingt aus (vgl. Rauner 2005).

In Bezug auf diese beiden Forschungsfelder stellt sich nun die Frage, wie und mit welchen Instrumenten Arbeits- und Geschäftsprozesse analysiert und beschrieben werden können, damit sie für Qualifizierungs- und Berufsbildungsmaßnahmen für gewerblich-technische Berufe genutzt werden können.

4. Phasen und Methoden des Dissertationsvorhabens

Das Dissertationsvorhaben über die Entwicklung des Instruments zur Analyse und Beschreibung von Geschäfts- und Arbeitsprozessen ist in drei Phasen unterteilt.

In der ersten Phase werden Kriterien entwickelt und Anforderungen benannt, die ein Analyseinstrument zu erfüllen hat. Hierzu wird die oben skizzierte Problemstellung vertieft und die Relevanz sowie die wissenschaftliche Einordnung dargestellt. Im weiteren Verlauf wird eine kritische Besandsaufnahme von Verfahren und Instrumenten zur Analyse von Geschäfts- und Arbeitsprozessen verschiedener Wissenschaftsdisziplinen durchgeführt. Als Ergebnis der ersten Phase wird ein Lastenheft angefertigt, auf dessen Basis das Analyseinstrument zu entwickeln ist.

In der zweiten Phase wird das Instrument zur Analyse von Geschäfts- und Ar-

beitsprozessen in einem Kooperationsprojekt mit einem Maschinenbauer iterativ entwickelt, angewandt und überprüft.

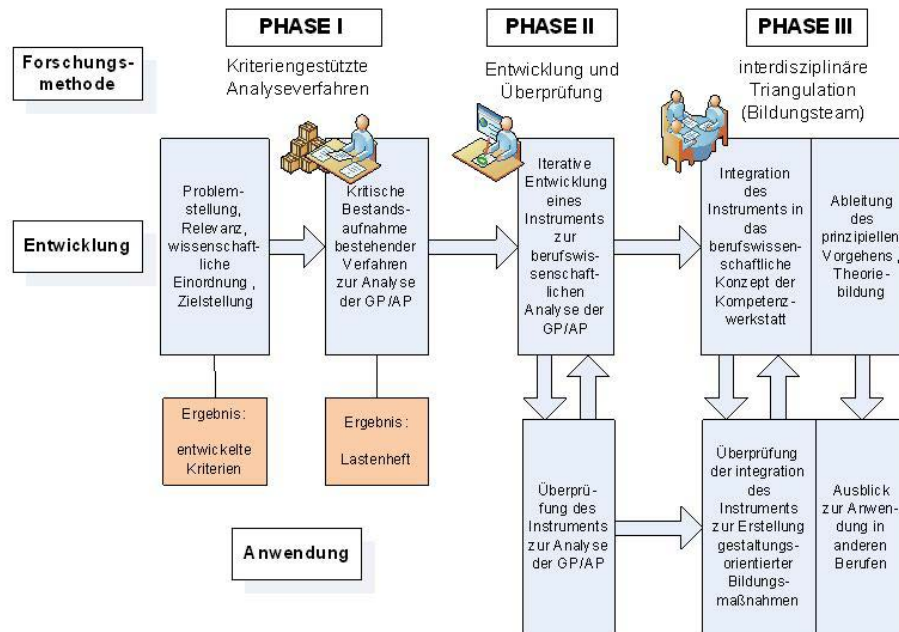


Abbildung 2: Phasen und Methoden des Forschungsvorhabens

In der dritten Phase wird die Tauglichkeit des Instruments zum Aufbau von gestaltungsorientierten Bildungsmaßnahmen überprüft und die Ergebnisse in Bildungs- und Expertenteams aus der Berufswissenschaft trianguliert. Ziel der dritten Phase ist die Integration des Instruments in das elaborierte berufswissenschaftliche Konzept der Kompetenzwerkstatt@tt (vgl. Howe & Knutzen 2007), das den Aufbau gestaltungsorientierter Lern- und Arbeitsaufgaben ermöglicht.

5. Literatur

1. Greinert, W.-D. 1999, Berufsqualifizierung und dritte Industrielle Revolution. Eine historischvergleichende Studie zur Entwicklung der klassischen Ausbildungssysteme, 1. Auflage. Baden-Baden: Nomos.
2. Hägele, T. 2002, Modernisierung handwerklicher Facharbeit am Beispiel des Elektroinstallateurs, Dissertation. Hamburg: Universität Hamburg.
3. Härtel, M. & Zinke, G. 2007, BiBB Fachkongress. Forum 7 Lernkulturwandel, Berufsbildung in Wissenschaft und Praxis, Jg. 36.
4. Howe, F. & Knutzen, S. 2007, Die Kompetenzwerkstatt@tt. Ein berufswissenschaftliches E-Learning-Konzept, 1. Auflage. Göttingen: Cuvillier.
5. Rauner, F. 2005, Kann die Orientierung an Arbeits- und Geschäftsprozessen die Fachlichkeit ersetzen ?, lernen & lehren, Jg. 20, Heft 80, 154–156.
6. Scheer, A.-W. & Zimmermann, V. 1996, Geschäftsprozeßmanagement und integrierte Informationssysteme. Prozeßmodellierung, Referenzmodelle und Softwaretechnologien. In: A. Töpfer (Hrsg.), Geschäftsprozesse: analysiert & optimiert. Neuwied: Luchterhand, 267–286.
7. Schulte-Zurhausen, M. 2005, Organisation. In: H.-J. Schmelzer & W. Sesselmann 2006, Geschäftsprozessmanagement in der Praxis. Kunden zufrieden stellen - Produktivität steigern - Wert erhöhen. München: Hanser, 64.
8. Zimmer, G. 2005, Die Informatisierung der Arbeit erfordert eine expansive Modernisierung der Berufsbildung. In: U. Elsholz, J. Gillen, R. Meyer, G. Molzberger, G. Zimmer & P. Dehnhostel (Hrsg.), Berufsbildung heißt: Arbeiten und Lernen verbinden. Bildungspolitik, Kompetenzentwicklung, Betrieb. Münster: Waxmann, 13–47.

Anwendbarkeit von Usability-Methoden in China: Einfluss der Kultur auf die Evaluationsmethoden

Mei MIAO

*Zentrum für Mensch-Maschine-Interaktion, TU Kaiserslautern,
Gottlieb-Daimler-Straße 42, D-67663 Kaiserslautern*

Kurzfassung: Die meisten Usability-Methoden sind in westlichen Ländern entwickelt worden. Allerdings zeigen Studien, dass kulturelle Prägungen des Nutzers Einflüsse auf die Gestaltung, den Einsatz und die Ergebnisse der Usability-Evaluation haben. Mit dieser Arbeit soll untersucht werden, inwiefern die chinesische Kultur Einfluss auf Usability-Evaluationsmethoden hat und es sollen Empfehlungen für den Einsatz von Usability-Evaluationsmethoden erarbeitet werden.

Schlüsselwörter: Usability, Usability-Evaluationsmethoden, Kultur, kulturelle Einflüsse.

1. Einleitung

Usability steht für die Nutzerfreundlichkeit eines Produktes und ist zunehmend ein wichtiges Qualitätsmerkmal geworden. In der Norm ISO 9241 wird Usability als das Ausmaß definiert, in dem ein Produkt durch bestimmte Benutzer in einem bestimmten Nutzungskontext genutzt werden kann, um bestimmte Ziele effektiv, effizient und zufrieden stellend zu erreichen. Usability-Methoden sind Methoden, mit denen man die Usability eines Produktes optimieren kann. Je nach Einsatzziel kann man Usability-Methoden in Usability-Analysemethoden und Usability-Evaluationsmethoden unterteilen. Diese Arbeit konzentriert sich auf Usability-Evaluationsmethoden. Mit Usability-Evaluationsmethoden kann man Konzepte, Entwürfe, Prototypen und auch Serienprodukte mit potenziellen Nutzern oder Usability-Experten evaluieren. Sehr weit verbreitete Methoden sind beispielsweise Think Aloud, Fragebögen, Paperprototyping (Snyder 2003) und Eye-Tracking. Diese Methoden sind meistens in den westlichen Ländern (Europa, Nord-Amerika) entwickelt worden.

Die Produktinternationalisierung beinhaltet nicht nur Aspekte interkultureller Gestaltung sondern auch Aspekte der interkulturellen Usability-Evaluation. Wird ein Produkt für ein spezielles Land entwickelt, so sollten die Usability-Tests nicht in dem Land durchgeführt werden, in dem das Produkt entwickelt wurde, sondern mit den Nutzern in dem Land, wo es genutzt werden soll. In anderen Ländern gibt es eine andere Kultur. Bei unterschiedlichen Kulturen gibt es andere kulturelle Ausprägungen. Einige Studien (Herman 1996; Vatrapu et al. 2006; Yeo 1998) haben ergeben, dass kulturelle Prägungen des Nutzers, Einflüsse auf die Gestaltung, den Einsatz und die Ergebnisse der Usability-Evaluation haben. Allerdings ist die Anzahl der empirischen Arbeiten über den Einfluss der chinesischen Kultur auf Usability-Evaluationsmethoden noch gering.

2. Fragestellungen, Zielstellung und Vorgehensweise

2.1 Fragestellungen

China hat eine andere Kultur als Deutschland. Somit ist Kultur die unabhängige Variable der Untersuchung. Zu klären sind hauptsächlich folgende Fragen:

- Funktionieren die Usability-Evaluationsmethoden, die in Deutschland bzw. im Westen sehr gut funktionieren, auch in China?
- Welche kulturellen Unterschiede gibt es zwischen Deutschland und China, die Einfluss auf die Usability-Evaluationen haben können?
- In wie fern hat die chinesische Kultur Einfluss auf die Ergebnisse von Usability-Evaluationen?
- Wie kann man die Einflüsse kultureller Unterschiede auf Evaluationsmethoden ermitteln?
- Wie ist der Usability-Stand in China bzw. wie werden Usability-Tests von chinesischen Experten in China durchgeführt?
- Welche Eigenheiten müssen deutsche Unternehmen beachten, wenn man in China mit chinesischen Nutzern Usability-Tests durchführt?

2.2 Zielstellung

Ziel der Dissertation ist es, durch empirische Untersuchungen zu prüfen, inwiefern die chinesische Kultur Einfluss auf Usability-Evaluationsmethoden hat und Empfehlungen für den Einsatz von Usability-Evaluationsmethoden in China zu erarbeiten.

2.3 Vorgehensweise

Um diese Fragen beantworten zu können, wurde das in Abbildung 1 gezeigte Lösungskonzept erarbeitet. Dieses setzt sich aus 4 Phasen zusammen.

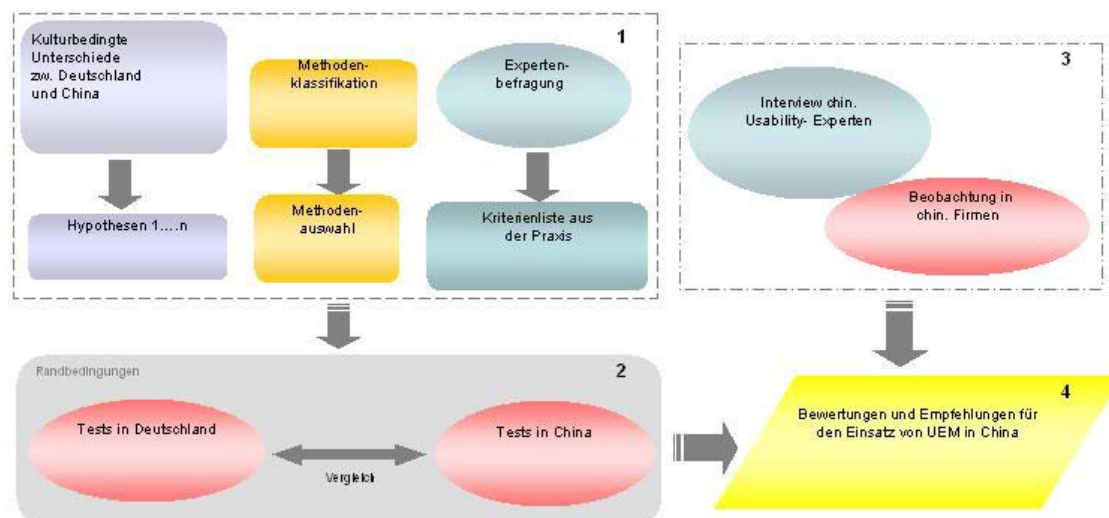


Abbildung 1: Grobes Lösungskonzept

In der ersten Phase wird eine eingehende Literaturrecherche zu Usability-Evaluationsmethoden, relevanten Studien und den kulturellen Unterschieden aus unterschiedlichen Kulturkreisen durchgeführt. Dies ist die Voraussetzung für die Bear-

beitung der weiteren Phasen. Danach werden Hypothesen auf Basis der kulturellen Unterschiede abgeleitet, besonders unter den Aspekten der Kommunikations- und Verhaltensunterschiede zwischen Deutschland und China. Die Usability-Evaluationsmethoden werden nach Einsatzziel, erhobenen Datentypen, Grundbausteinen usw. systematisch klassifiziert. Diese Klassifikationen bilden die Grundlage für die Methodenauswahl, die die Voraussetzung für die Tests in der zweiten Phase ist. Weiterhin soll in Phase 1 eine Online-Befragung von Experten aus dem Bereich der Mensch-Maschine-Interaktion erfolgen, die die Vergleichsbasis für den Methodenvergleich aus Phase 2 liefert.

In der zweiten Phase sollen - zur Hypothesenprüfung - empirische Untersuchungen in Deutschland und China erfolgen. Hierzu gehören die Vorbereitung, Durchführung und Auswertung der empirischen Untersuchungen. Um die wissenschaftliche Qualität der Untersuchung zu gewährleisten, ist die Festlegung von Randbedingungen ein sehr wichtiger Schritt, da während der Untersuchung eine Vielzahl von Störvariablen existieren und diese fester Bestandteil der Untersuchung sind. Sie müssen möglichst minimiert oder in beiden Ländern konstant gehalten werden, damit die Ergebnisse beider Länder vergleichbar sind. Die Randbedingungen betreffen das zu testende Produkt, die Testpersonen, den Moderator, die zu testenden Aufgaben und die Testumgebung. Die Tests sind der essentielle Teil der Arbeit. Sechs ausgewählte Usability-Evaluationsmethoden werden in beiden Ländern mit Testpersonen ähnlichen Profils, mit dem gleichem Produkt, mit den gleichen Aufgaben und in ähnlicher Testumgebung in der jeweiligen Sprache getestet. Während der Tests sind die Randbedingungen unbedingt einzuhalten. Nach der Durchführung kommt die Auswertung. Die 6 Methoden sollen unter wissenschaftlichen und praktischen Aspekten beurteilt werden. Die Ergebnisse der Tests bilden die wissenschaftliche Vergleichsbasis, um festzustellen zu können, wie gut die mit einer Methode gewonnenen Ergebnisse sind. Die Ergebnisse der vorgesehenen Online-Expertenbefragung bilden die praktische Vergleichsbasis. Die Experten werden hauptsächlich befragt, welche Kriterien sie der Auswahl von Methoden zur Usability-Evaluation zugrunde legen.

Um den Usability-Stand in China bzw. wie die Durchführung von Usability-Tests von chinesischen Experten in China aufzuklären, werden in der dritten Phase die Usability-Tests in chinesischen Unternehmen beobachtet und Experteninterviews mit chinesischen Usability-Experten durchgeführt. Ziel dieser Phase ist es, die Usability-Evaluation in der Praxis in China und die Erfahrungen von chinesischen Usability-Experten besser kennen zu lernen sowie die Verbesserungspotentiale hinsichtlich der Vorbereitung, Durchführung und Auswertung der Usability-Evaluation zu analysieren und zu identifizieren. Dabei stehen vor allem die Organisation und der Ablauf der Evaluation bzw. die Kommunikation zwischen Tester und Testpersonen im Vordergrund.

In Phase 4 sollen Empfehlungen für die Usability-Evaluation in China aus den Ergebnissen der Phasen 2 und 3 erstellt werden. Die Empfehlungen beinhalten einmal Hinweise auf solche Methoden, deren Einsatz in China sinnvoll erscheint sowie auf die bei Durchführung einer Usability-Evaluation in China zu beachtenden Besonderheiten.

3. Stand der Arbeit

Die Arbeiten der Phase 1 sind bereits abgeschlossen, d.h., die kulturellen Unterschiede zwischen Deutschland und China, die möglicherweise Einfluss auf die Usa-

bility-Evaluationen haben können, wurden identifiziert. Daraus wurden Hypothesen abgeleitet. Die Usability-Evaluationsmethoden sind klassifiziert worden. Die Online-Expertenbefragung wurde auch bereits durchgeführt.

Die Arbeit befindet sich zurzeit in Phase 2. Die Randbedingungen für die Tests sind bereits festgelegt. Untersucht werden sollen 6 Methoden, nämlich die Plus-Minus-Methode (Harms & Schweibenz 2000), Paperprototyping, Think Aloud, Co-Discovery, Video-Feedback und moderierter Gruppentest. Die Tests in Deutschland wurden im Dezember 2007 abgeschossen. Die Tests in China bzw. die Phasen 3 und 4 werden 2008 durchgeführt.

4. Literatur

1. Harms, I. & Schweibenz, W. 2000, Testing Web Usability, Information Management & Consulting, 3/2000, 61-66.
2. Herman, L. 1996, Towards Effective Usability Evaluation an Asia: Cross-Cultural Differences. In: Proceedings of the 6 th Australian Conference on Computer-Human Interaction, 135-136.
3. Snyder, C. 2003, Paper Prototyping: The Fast and Easy Way to Design and Refine User Interfaces. San Diego: Morgan Kaufmann.
4. Vatrapu, R. & Pérez-Quiñones, M.A. 2006, Culture and Usability Evaluation: The Effects of Culture in Structured Interviews, Journal of Usability Studies, 1, 156-170.
5. Yeo, A. 1998, Cultural Effects in Usability Assessment. In: CHI 98, 74-75.

Betriebsratsarbeit am Maßstab der Belegschaft – Stärken und Verbesserungspotentiale der Belegschaftsvertretung aus Sicht der daraus profitierenden Belegschaft im Hinblick auf den Rollenwandel der Betriebsratsarbeit

Ursula RAMI und Hanns Peter EULER

*Institut für Soziologie, Abteilung Wirtschaftssoziologie und
Stadt- und Regionalforschung, Johannes Kepler Universität Linz,
Altenberger Strasse 69, A-4040 Linz*

Kurzfassung: Schutz und Gestaltung in Form von Co-Management aufgrund permanenter Veränderungen in der Arbeitswelt sind die Anforderungen an den Betriebsrat heute. Parallel dazu gewinnen hohe Transparenz und effiziente Information basierend auf einer persönlichen Kommunikation zwischen Betriebsrat und Belegschaft an enormer Bedeutung, um das (wahrgenommene) Vertrauen zu (er-)halten und zu sichern. Soziale und fachliche Kompetenz und ausreichende Präsenz und Erreichbarkeit des Betriebsrats im Unternehmen müssen für eine erfolgreiche (zukünftige) Betriebsratsarbeit vorausgesetzt werden können.

Schlüsselwörter: Betriebsrat, Verbesserungspotentiale, Co-Management.

1. Einleitung und Fragestellung

In letzter Zeit berichten viele Betriebsrätinnen und Betriebsräte vermehrt davon, dass sie in ihrer Betriebsratsarbeit durch neue Aufgaben gefordert werden. Diese Aufgaben werden häufig als „Co-Management“ des Betriebsrats in Relation zur Geschäftsleitung bezeichnet. Dadurch gewinnen einerseits die Mitwirkungsmöglichkeiten von Betriebsräten bei der unternehmerischen Gestaltung an Bedeutung, wie z.B. Mitgestaltung bei betrieblichen Reorganisationsprozessen, Mitsprache bei der Einführung neuester Technologien usw. Andererseits können dadurch die klassischen Mitbestimmungsagenden des Arbeitsverfassungsgesetzes, mit seinen verschiedenen Aspekten, wie wirtschaftlichen, sozialen, gesundheitlichen und kulturellen Angelegenheiten in den Hintergrund treten.

Die Betriebsratsrolle verschiebt sich weg von einer schützenden Rolle, die darauf abzielt, Nachteile für die Belegschaft zu kompensieren, hin zu einer gestaltenden Rolle, die im Idealfall diese Nachteile vorbeugend durch Mitgestaltung vermeidet. Dieses neue Rollenverhalten, besonders die neue Nähe zur Arbeitgeberseite, kann jedoch sowohl zu Konflikten und Misstrauen zwischen Betriebsrat und Belegschaft, als auch zu Spannungen in der Belegschaft selbst führen. Die teils widersprüchlichen Anforderungen an die Betriebsratsmitglieder und das Gremium als korporativem Akteur verlangen ein hohes Maß an persönlichen, sozialen wie auch fachlichen Kompetenzen. Weiters ist auch eine erhöhte Transparenz der Betriebsratsarbeit gegenüber der Belegschaft notwendig, um ihr Vertrauen in den Betriebsrat sichern zu können.

Um den beschriebenen Herausforderungen professionell begegnen zu können, ist

es notwendig, zusätzlich zu den eigenen Erfahrungen im Beratungsalltag der einzelnen Betriebsratsmitglieder, die Bedürfnisse der Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen zu kennen. Deshalb steht im Zentrum dieser empirischen Untersuchung (Dissertation) die Erhebung der Wünsche und Bedürfnisse seitens der Belegschaft in der Zusammenarbeit mit den Betriebsräten.

Die Idee zur Studie kam seitens der Betriebsratskörperschaft Voestalpine Grobblech GmbH (Tochterunternehmen der Voestalpine AG), weil der oben beschriebene Wandel auch ganz deutlich in der Voestalpine AG bemerkbar ist. Hinzu kommt die spezielle Mitgestaltungssituation, die durch die neue Struktur der Betriebsräte in den Tochterbetrieben (verglichen mit dem Betriebsrat in der historischen Voest) gegeben ist.

2. Methodik

Um eine möglichst umfassende Analyse der Zusammenarbeit zwischen Betriebsrat und Belegschaft innerhalb der beiden Tochterunternehmen erstellen zu können, wurden in einem ersten Schritt 33 qualitative Leitfadeninterviews (25 Mitarbeiter und 8 (Ersatz)Betriebsräte) zur Herstellung der für die Entwicklung und Durchführung einer wissenschaftlichen Studie (Dissertation) mit dem Anspruch der Beweisführung notwendigen Feldkenntnis, durchgeführt. Dieser qualitativen Vorstudie folgte eine quantitative Hauptstudie mit einer Vollerhebung in zwei Tochterbetrieben (Grobblech GmbH und Vatron GmbH) der Voestalpine AG. Die Datenerhebung erfolgte dabei mittels eines 14seitigen standardisierten Fragebogens, der für beide Tochterunternehmen komplett identisch gehalten werden konnte.

Die geplanten Rücklaufquoten von 45 % wurden von den Angestellten der Grobblech GmbH mit 57,2 % (n=103) als auch von den Angestellten der Vatron GmbH mit 64,5 % (n=80) bei weitem übertroffen. Der Rücklauf bei den Arbeitern der Grobblech GmbH fiel mit 28,5 % (n=86) weniger hoch aus. Die Befragungsergebnisse sind aufgrund der hohen Rücklaufquoten bei den Angestellten beider Tochterunternehmen auf jeden Fall repräsentativ für das Unternehmen gesichert, für die Arbeiter können Trendaussagen gemacht werden.

3. Ausgewähltes Ergebnis

Die Ergebnisse der empirischen Untersuchung (Dissertation) sind sehr umfangreich. Deshalb wird im Zuge dieses Referates lediglich auf die potentiellen Verbesserungsmöglichkeiten der Arbeit des Betriebsrats aus Sicht der Belegschaft eingegangen (vgl. Abbildung 1). Dabei kann ganz allgemein festgehalten werden, dass knapp mehr als zwei Drittel der Befragten (68,1 %) der Meinung sind, dass der Betriebsrat Verbesserungen bzw. Veränderungen an seiner Arbeit vornehmen soll. Dass es 2,3 % der Befragten egal ist, ob der Betriebsrat Verbesserungen vornehmen oder so weiter arbeiten soll wie bisher, kann in diesem Zusammenhang als (sehr) positiv bewertet werden. Denn dies zeigt, dass die Belegschaft der Betriebsratsthematik nicht (ganz) gleichgültig gegenübersteht und auch ein eher (hohes) allgemeines Interesse an der Arbeit des Betriebsrats vorausgesetzt werden kann, beinhaltet aber noch keinerlei Wertung dieser Arbeit.

Die Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen beider Tochterbetriebe sehen ganz allgemein betrachtet in einer a) besseren internen transparenten Unternehmenskommunikation

das größte Verbesserungspotential seitens des Betriebsrats, denn 6 von 10 Mitarbeitern, die der Meinung sind, dass der Betriebsrat Verbesserungen bzw. Veränderungen vornehmen soll, wünschen sich, dass a1) mehr Information über erzielte Verhandlungsergebnisse zwischen Betriebsrat und Geschäftsleitung weitergegeben werden. An zweiter Stelle steht der Wunsch, dass der Betriebsrat a2) häufiger durch den Betrieb geht und direkt ansprechbar ist (61,2 %). Hier kommt vor allem die enorm hohe Bedeutung der face to face Kommunikation, wie sie auch Müller (2004) erwähnt, zum Tragen. Im Zuge der immer wieder laut werdenden Verschiebung der Funktion des Betriebsrats von der konventionellen Interessensvertretung der Belegschaft hin zum Co-Management, ist der Wunsch danach, dass sich der Betriebsrat b) mehr um die Anliegen, Wünsche und Ideen der Belegschaft kümmert, nicht weiter überraschend.

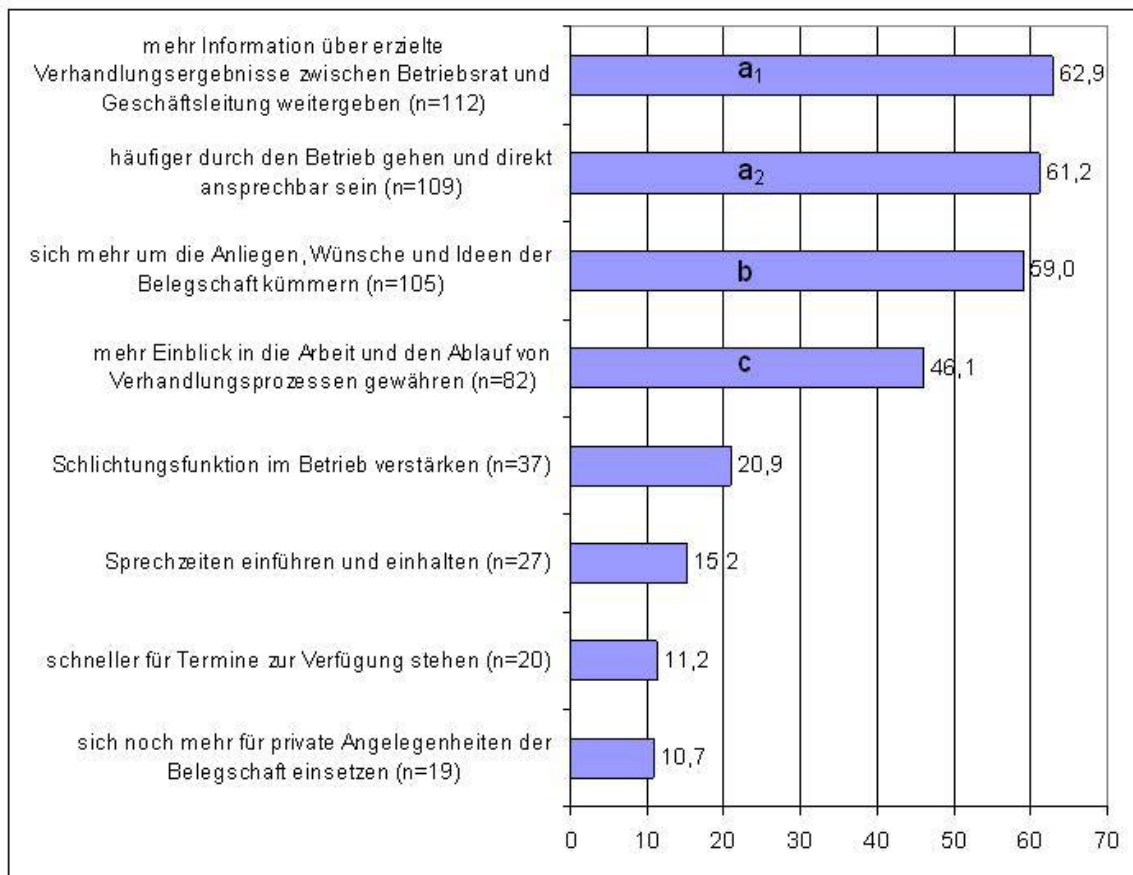


Abbildung 1: Potentielle Verbesserungsvorschläge der Arbeit des Betriebsrats (in % genannt)

Neben dem Wunsch a) einer besseren internen transparenten Unternehmenskommunikation und dem Wunsch b) dass sich der Betriebsrat (noch) mehr um die Anliegen, Wünsche und Ideen der Belegschaft kümmert, steht als dritte große Säule der Verbesserungspotentiale der Wunsch c) nach einer transparenten Betriebsratsarbeit. Denn knapp die Hälfte der Befragten (46,1 %) möchte mehr Einblick in die Arbeit und den Ablauf von Verhandlungsprozessen gewährt haben (vgl. Abbildung 1).

Betrachtet man die Verbesserungswünsche aufgegliedert nach den drei Belegschaften (Arbeiter, Angestellte Grobblech GmbH und Angestellte Vatron GmbH) so lässt sich erkennen, dass dies grundsätzlich die gleichen sind. Diese Verbesserungswünsche verschieben sich lediglich in ihrer Reihenfolge: vor allem für die Angestellten beider Tochterbetriebe steht die Forderung nach einer transparenten Be-

triebsratsarbeit in der Priorität ganz oben. Die Arbeiter der Grobblech GmbH hingegen erwarten sich in erster Linie die physische Präsenz des Betriebsrats und folglich die persönliche Kommunikation.

4. Ausblick

Da Vertrauen als eine gesellschaftliche Produktivkraft, als ein „Mechanismus der Reduktion sozialer Komplexität“ gesehen wird und als wesentliche „Grundlage des sozialen Zusammenhalts“ gilt (Luhmann, 1989), ist die Frage des Vertrauens ein weiterer zentraler Baustein der Dissertation.

Wer von uns kennt nicht das Dilemma durch zu viel Information zu wenig informiert zu sein? Aus diesem Grund wird in der Dissertation u. a. auch der Frage nachgegangen, in welchem Ausmaß eine interne persönliche Kommunikation sowie ein strategisches Informationsmanagement eine Chance für Verbesserungsmöglichkeiten zwischen Betriebsrat und Belegschaft sein können.

Weiters wird auch noch das gewünschte Profil des Betriebsrats (z.B. Bildungsniveau, erforderliche Fähigkeiten / Eigenschaften) aus Sicht der Belegschaft untersucht. Hierbei geht es vor allem darum, ob der Betriebsratsvorsitzende als eine Führungskraft, die entsprechende Kompetenzen benötigt, gesehen wird.

5. Literatur

1. Luhmann, N. 1989, Vertrauen: ein Mechanismus der Reduktion sozialer Komplexität, 3. Auflage. Stuttgart: Enke.
2. Müller, G. 2004, Der Betriebsrat der Zukunft. Vom Beglückter zum Entwickler, http://www.arbeitswirtschaft.at/aw_07_08_2004/art4.htm [Zugriff: 21.10.2006].
3. Rami, U. 2006, Ausrichten der Betriebsrats-Arbeit an den Wünschen und Bedürfnissen der Belegschaft, Projektbericht. Linz: Eigenverlag.

Habitability in Extreme Environment: Visual Design for Living in Outer Space

Lia SCHLACHT, Matthias RÖTTING and Melchiorre MASALI

*M M-M-S, Institut für Psychologie Arbeitswissenschaft,
Technische Universität Berlin, Franklinstraße 28/29, D-10587 Berlin*

Abstract: Spacecrafts are high technology (HT) machine systems that encompass complex habitats within extreme environments. As a result, they necessitate a human-machine interface (HMI) design that can guarantee the user's needs, like reliability, well-being and safety. Focus point of this work is the visual communication of environmental designs that apply to increasing the quality of life (habitability) in outer space.

Keywords: Human-Machine Systems, Habitability, Outer Space, Visual-Communication Design.

1. Foreword

In extreme habitats, such as spacecrafts, submarines, underground and underwater laboratories, or in extreme-weather and isolated areas, motivated researchers are working at the border of life survival for the love of the planet and their scientific research (an environment is a habitat in which the organism interacts and, cataloging humans as an Intelligent Extremophilis, any place reachable by a human can be considered an environment. Outer space, since the initial space mission, can now be considered an extreme environment (also oceans, deserts and polar regions). In this paper, one focuses specifically on the spacecraft, an artificial ecosystem through which one is able to live in an extreme environment (Gibson 1986)).

In outer space (see figure 1), floating astronauts are exposed to higher levels of psycho- and physiological-stress (radiations, isolation, μ gravity etc). Astronauts' bodies and minds can react differently under such circumstances, but it is generally recognized that stress factors can adversely alter even daily routines, proxemics and sense perception, let alone the scientific undertakings. These elements have to be considered in the mission plan and spacecraft design.

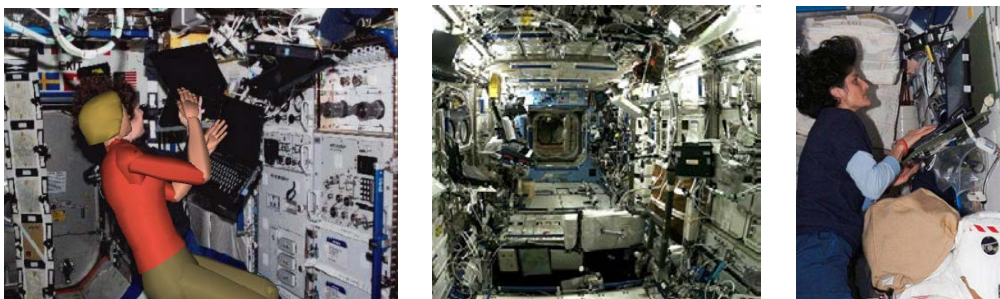


Figure 1: ISS, free copyright NASA

Since vision accounts for about 70% of human sensory perception, visual-communication design is of primary importance in a HMI project. And, because the human body conforms to μ gravity conditions, spatial orientation is controlled by the

sense of vision (indeed the vestibular system in μg becomes silent). Thus, major considerations for outer space habitat-design should be shapes, colors and lighting. Research has proven that light and color affect the human organism on both visual and a non visual basis" (Mahnke1987). In confined and extreme environments, these visual elements are highly relevant to the reliability of the user. Such considerations must be present from the preliminary stage of the project.

2. Visual Design and Human Factors in Spacecraft

As a field of study, environmental design encompasses the human habitat and focuses on fashioning physical and social interventions informed by human behavior and environmental processes (Holm 2006). Visual communication-design is applied to the habitat to inform our actions and to increase the habitability both consciously and subconsciously. This requires an interdisciplinary approach.

2.1 Multidisciplinary

With the current technology, a human mission to Mars could take about 3 years. The habitability for such an extreme context naturally becomes an important issue. "Habitability and human factors requirement for space flight are driven by mission duration", however they are relevant in "long duration mission (Woolford et al. 2006). Physic- and psychological issues may be not problematic in SDM (1-2 week), since most people can tolerate the stressor in space within such a time frame (Kanas 2003). Multidisciplinary fields (visual design, bio-mimicry, psychology...) must be incorporated, as the habitability under constant floating circumstances during the journey is still an unknown challenge.

2.2 Physiological factors

In μg gravity, the body posture is like that of a fetus (see figure 2).

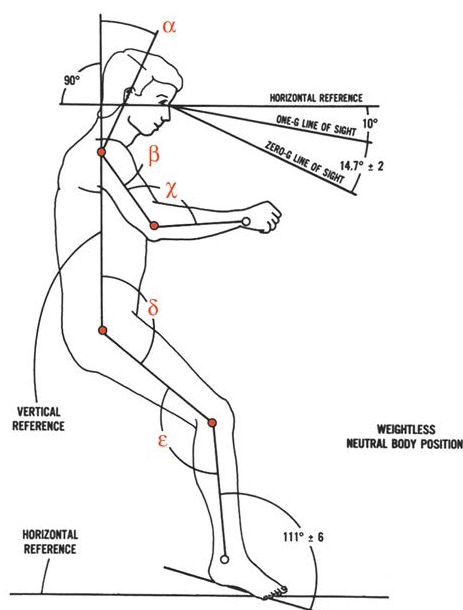


Figure 2: Weightless Neutral Body Position

It is known as the Neutral Posture and duly affects the line of sight. The body also experiences changes such as an increase in height of 3% in the first days, and fluids moving to the head and torso, affecting the hand size, facial appearance ("puffy face"), voice, and sense of smell (Woolford, et.al 2006).

Table 1: *System of perception*

System:	Perception in μg	ISS Conditions
Visual	diminishes; mildly altered	visual confusion; constant visual stimuli
Auditive	sharpened	noisy: intolerant after 30 gg.
Gustatory	diminishes; altered	taste variation
Olfactory	diminishes	presence of bad smell
Tactile	diminishes	difficulty on the stimuli variation
Vestibular	silent	difficulty of orientation

Paolo Nespoli, an Italian Astronaut recently part of the Esperia mission (23.10-7 11.2007), noticed altered levels of visual perception while aboard the International Space Station (ISS): "in the passage to zero gravity there was difficulty to manage the paper sheets and to focus on the script. There was the sensation of difference in colors perception, [but feels that his impressions should be empirically tested]. Colors, are used for warning and safety information, but it should be taken into account that environmental colors may affect mood [he says he would feel sad in a pale, pastel-colored environment], also the sense of taste is deeply changed" (Masali M., informal report from Nespoli conference talk, 20.1.2008, Turin).

2.3 Psychological factors

Without a dynamic habitat, living in a confined, artificial environment can cause sensorial deprivation (constancy is artificial, variation is natural). Monotony of visual stimuli can be the cause of strong discomfort in a confined, artificial habitat. The main factor that has to be taken into account is that the crew is isolated from the natural variability of earth's environment. Having a walk in a garden, feeling the different color of the season, watching the sunset - these are all subjective concepts that help make life beautiful, and are natural, varied stimuli.

Sensorial deprivation can cause depression (see table 2). Thus, in space, a tiny habitat (dimensional confinement), small crew (social confinement), artificial environment (isolation from varied earth stimuli) for an unchangeable period of time (temporal isolation) can be the cause of such depression. In the ISS, for instance, the station's internal diameter is 2.2 m, the crew is of about 6 unit, and the missions can vary from 1 week to months (not to mention lack of privacy) (Dominoni 2002). The windows are the only element for direct interaction with the external environment, and are where astronauts spend most of their free time. Communication to earth is through a monitor and, during a mission to Mars, would have a delay of 20 min. each way (Woolford 2006).

Table 2: Psychological relation (*It became direct with Extra Vehicular Activity, ** cause to the noise problem, to communicate also between the same area, crew use the "intercom")

	Habitat	Outer space	Crew	Earth
RELATION	direct	Indirect real* - direct	Direct - indirect**	Indirect virtual
TOOLS	Human	Window - E.V.A.	Human - Intercom	Normal & Video chat - Pictures

2.4 Eco-Mimesis

Isolated from Earth, bio-mimetic based stimuli should be considered to create an artificial ecosystem that is able to support human life and to meet the needs from which the life has evolved. The sustainability of this artificial ecosystem is already based on the Earth Eco-Mimesis, but it uses a system-centered design instead of user-centered. From onset of the space habitat's planning, one should optimally apply an eco-mimetic strategy with human centered design approach (Eco-Mimesis is a term to define milieu inspired design as a process of innovation for the habitability of extreme environment. It involves mimicking environmental stimuli to produce an ecosystem able to guarantee the well-being and the survival of life in an extreme environment. It considers the Earth's eco-stimuli in which the human species evolved as a pre-requisite for survival in non-terrestrial and/or artificial surroundings)

To help illustrate this approach, one could imagine an everyday object, like a tree, and how humans associate such an object with their spatial orientation. A picture of a tree can help maintain spatial-continuity despite bobbing up and down in a floating environment. This intuitive approach to environment design, communication, and the visual relationship of our experiences with nature could better affect the reliability of astronauts' senses in comparison with textual "up and down" labels, which are currently in use on the International Space Station.

3. Conclusion

Spacecrafts are HT machine systems. One of this paper's authors noticed that, in the space industry, human factors hold the lowest priority during design of the spacecraft. To construct both the safest and most hospitable environment, while considering factors like journey's duration, location of project, and overall safety demands, there is a wide array of possibilities available to improve the design of the HMI. Human-centered design through a multidisciplinary approach (art, design, and human psychological and physiological factors) must be incorporated at the preparatory stage of the habitat design so as to maintain mental and physical reliability among not only space travelers, but humans in other adverse conditions as well.

4. Literature

1. Dominoni, A. 2002, Industrial Design for Space. Milan: Silaviana Editoriale.
2. Gibson, J. 1986, The ecological approach to visual perception. New Jersey: IEA Inc. Publishers.
3. Holm, I. 2006, Ideas and Beliefs in Architecture and Industrial design: How attitudes, orientations, and underlying assumptions shape the built environment. Oslo School of Architecture and Design.
4. Kanas, N. & Manzey, D. 2003, Space Psychology and Psychiatry. California: Microcosm Press.
5. Mahnke, F. & Mahnke, R. 1987, Color and Light in Man-made Environments. New York: Van Nostrand Reinhold Company.
6. Woolford, B. & Mount, F. 2006, Human Space Flight. In: G. Salvendy (Edt.), Handbook of Human Factors and Ergonomics, 3rd Edition. New Jersey: Wiley & Sons.

Methodik zur systemergonomischen Entwicklung kognitiver Assistenz für komplexe Arbeitssysteme

Florian FRIESDORF

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

Kurzfassung: Aktuelle Trends im Gesundheitswesen und der verarbeitenden Industrie bringen diese beiden Bereiche aus systemergonomischer Sicht näher zusammen. In beiden System sollen die Vorteile hoher Automatisierung mit denen menschlicher Flexibilität kombiniert werden. Es entstehen hochtechnisierte hochkomplexe Arbeitssysteme. Ziel der Dissertation ist die Erarbeitung einer Methodik zur systemergonomischen Entwicklung von Assistenzsystemen, die diesen Arbeitssystemen gerecht werden. Die Methodik umfasst Methoden der Systemanalyse, -modellierung, -simulation und -unterstützung, Methoden der Software- und Systementwicklung, sowie Vorgaben für essentielle Systemkomponenten und -strukturen.

Schlüsselwörter: Methodik, Komplexität, Assistenz, Arbeitssysteme.

1. Einleitung

Aktuelle Trends im Gesundheitswesen und der verarbeitenden Industrie bringen diese beiden Bereiche aus systemergonomischer Sicht näher zusammen. In der verarbeitenden Industrie wird eine Individualisierung der Produkte angestrebt, dabei sollen die Vorteile der Automatisierung weiter genutzt werden sowie der Mensch als Experte in das System integriert und durch ein Assistenzsystemen in seinen Aktivitäten und Entscheidungen unterstützt werden (Zäh et al. 2007a). Demgegenüber versucht das Gesundheitswesen, von der individuellen Versorgung der Patienten kommend, durch Standardisierung von Behandlungen und Arbeitsabläufen Qualität zu erhöhen und Kosten zu senken (Carayon & Friesdorf 2006). Dies führt zu erhöhter Komplexität dieser Systeme: Im Gegensatz zur Massenproduktion, wo ein Prozess die Aktivitäten einer einzelnen Arbeitsstation festlegt, geschieht dies hierbei durch viele parallel ablaufende und sich überschneidende Prozesse; im Extrem bedeutet es die individuelle Betrachtung eines Produkts, bzw. Patienten, und damit: ein Prozess pro Produkt, bzw. Patient.

Weiter sind beide Arbeitssysteme durch folgende Merkmale charakterisiert: Normative, strategische und operative Zielvorgaben sind zu erreichen und auf Umwelteinflüsse ist dynamisch zu reagieren; der Mensch als Experte trifft hierzu eine Auswahl an Methoden, Betriebs- und Arbeitsmitteln und führt Aktivitäten durch oder leitet sie ein. Zur Bewältigung der Komplexität soll ihm ein Assistenzsystem zur Seite gestellt werden.

Ziel der Arbeit ist die Erarbeitung einer Methodik zur systemergonomischen Entwicklung kognitiver Assistenz für komplexe Arbeitssysteme. Diese umfasst Methoden der Systemanalyse, -modellierung, -simulation und -unterstützung, Methoden der Software- und Systementwicklung, sowie Vorgaben für essentielle Systemkomponenten und -strukturen. Grundlage bildet eine Analyse der Stärken und Schwächen bestehender Systeme und Methoden. Eine Evaluierung der Methodik könnte bei-

spielsweise im ACIPE Projekt des DFG Exzellenzclusters CoTeSys erfolgen, welches sich mit der adaptiven Unterstützung eines Workers in einer sogenannten Cognitive Factory beschäftigt (Zäh et al. 2007b).

Im Folgenden wird näher auf den Begriff kognitive Assistenz eingegangen, sowie ein erster Ansatz der Arbeit vorgestellt.

2. Kognitive Assistenz in komplexen Arbeitssystemen

Unter kognitiver Assistenz wird ein System verstanden, welches in der Lage ist, dynamisch auf sich ändernde Prozessparameter zu reagieren und eine an den Menschen angepasste Darstellung des Zustands des komplexen Systems ermöglicht. Zum einen dient dieses dem Menschen als Entscheidungsgrundlage in kritischen Situationen zum anderen soll es den Menschen vor Fehlern bewahren. Darüber hinaus sollen Eingaben des Menschen zur Beurteilung einer Situation herangezogen werden und damit wiederum zur Anpassung der Zustandsdarstellung führen.

Viele Arbeiten lassen darauf schließen, dass der Mensch beim Lösen von Aufgaben hierarchisch vorgeht (bsp. Bernotat 1970; Cherednichenko et al 2006; Bubb 2007). Hierbei wird zwischen drei Ebenen unterschieden: Auf einer Planungsebene wird die Durchführung der Aufgabe geplant und die einzelnen Teilschritte in Reihenfolge gebracht, der Zeitrahmen liegt im Bereich von Minuten bis Stunden; auf der Führungsebene werden Teilschritte eingeleitet, der Zeitrahmen liegt im Bereich von Sekunden bis Minuten; und auf der untersten Ebene, wird die Durchführung der Teilschritte beobachtet und geregelt, dies erfolgt im Bereich von Sekunden. Diese Ebenen müssen auf das Gesamtsystem Mensch-Maschine übertragen und damit auch vom Assistenzsystem unterstützt werden.

2.1 Planungsebene

Die Stärke des Menschen ist seine Flexibilität und Kreativität, und damit die Fähigkeit sich auf neue Situationen einzustellen sowie neue Wege zu definieren. Die Kompetenz des Menschen liegt somit klar auf der Planungsebene. Eine Unterstützung durch ein technisches System kommt in Frage, um Zusammenhänge in komplexen Systemen zu veranschaulichen, dem Menschen somit Information zugänglich zu machen, die er selbst nicht in der Lage wäre zu erkennen; es liegt jedoch am Menschen, diese zusätzliche Information zu beurteilen und darauf basierend Entscheidungen zu treffen.

2.2 Führungsebene

Auf der Führungsebene spielt Zeit eine kritischere Rolle als auf der Planungsebene. Der Mensch wird nur benötigt, sofern eine Entscheidung getroffen werden muss, sprich das System mit einem Zustand konfrontiert ist, in dem das weitere Vorgehen nicht eindeutig festgelegt ist. Wird der Mensch konsultiert, so soll jedoch sichergestellt werden, dass vom System als eindeutig falsch erkannte weitere Schritte nicht einfach ohne Warnung eingeleitet werden; gleiches gilt für das Auslassen von Schritten, die als eindeutig notwendig erkannt wurden.

2.3 Beobachtungs- und Regelungsebene

Die Beobachtungs- und Regelungsebene ist so zeitkritisch, dass eine Kommunikation zwischen Mensch und Maschine nur noch bedingt möglich ist. Das Einleiten einer Vollbremsung beim Führen eines KfZ beispielsweise, wird vom ABS interpretiert als "Bitte schnellstmöglich bremsen unter Aufrechterhalten der Traktion", und eine entsprechende Regelung der Bremsen vorgenommen ohne den Fahrer weitergehend einzubinden. Die Beobachtungs- und Regelungsebene soll in dieser Arbeit nicht näher betrachtet werden, Ziel der Assistenzsysteme ist die Unterstützung des Menschen auf der Planungs- und der Führungsebene.

3. Ansatz

Um die geforderte Flexibilität und Anpassungsfähigkeit an den Menschen zu erreichen, muss das System ein Verständnis für kognitive Prozesse und innere Modelle des Menschen haben und mit der zu erfüllenden Aufgabe, den erforderlichen Arbeitsschritten und deren Abhängigkeiten vertraut sein. Darüber hinaus muss es eine an komplexe Systeme angepasste Vorgehensweise unterstützen und darf den Menschen in seiner Flexibilität nicht einschränken. Hierzu bedarf es bestimmter technischer und organisatorischer Maßnahmen.

Im folgenden wird auf die Komponenten Mensch, Technik und Organisation eingegangen.

3.1 Mensch

Das menschliche Verhalten und seine kognitiven Prozesse und inneren Modelle werden in Probandenexperimenten untersucht und münden in Modellen des menschlichen kognitiven Apparats (Bubb 2007; Anderson 2007). Eine Fehlermöglichkeiten und Einflussanalyse, die insbesondere Modelle und Ursachen menschlicher Fehler berücksichtigt (Bubb 1993), dient weiter als Grundlage für die Auslegung der Assistenzsysteme.

3.2 Technik

Der Einsatz von Workflowmanagementsystemen liegt nahe (Becker & Luzcak 2003). Um die Potentiale dieser optimal zu nutzen, müssten allerdings Prozesse überdacht und weitgehend standardisiert werden; dies stellt jedoch zunächst einen Widerspruch zur geforderten Flexibilität dar. Technische Lösungen müssen gefunden werden, die eine Alternative zur Standardisierung bieten.

3.3 Organisation

Die Strategie des Managements komplexer Systeme (Malik 2002) bietet einen vielversprechenden Ansatz zur Vorgehensweise bei Einführung, Umgang mit und Weiterentwicklung eines Assistenzsystems. In komplexen Situationen fehlt das notwendige Wissen um die Zusammenhänge für eine konstruktivistische Lösung eines Problems; dies wird nicht durch eine technologische Beschränkung verursacht, sondern ist eine Eigenschaft komplexer Situationen. Malik schlägt eine evolutionäre Methode vor, welche aus konstruktivistischer Sicht zwar keine idealen Resultate liefert,

dafür jedoch praktisch anwendbar ist.

Eine weitere wichtige Komponente ist der Vergleich verschiedener Arbeitssysteme. Hierzu müssen diese kategorisiert und deren Methoden auf Stärken und Schwächen analysiert werden. Eine Identifikation geeigneter Methoden und Werkzeuge und deren Zuordnung zu spezifischen Systemeigenschaften bildet den Kern der zu entwerfenden Methodik.

4. Literatur

1. Anderson, J. R. 2007, How Can the Human Mind Occur in the Physical Universe ?. Oxford: University Press.
2. Becker, J. & Luzcak, H. 2003, Workflowmanagement in der Produktionsplanung und -steuerung. Berlin: Springer Verlag.
3. Bernotat, R. 1970, Anthropotechnik in der Fahrzeugführung, *Ergonomics*, 13, 353-377.
4. Bubb, H. 1993, Informationswandel durch das System. In: H. Schmidtke (Hrsg.), *Ergonomie*. München: Hanser.
5. Bubb, H. 2007, Future Applications of DHM in Ergonomic Design, *Digital Human Modeling*. Berlin: Springer, 779-793.
6. Carayon, P. & Friesdorf, W. 2006, Human Factors and Ergonomics in Medicine. In: G. Salvendy (Edt.), *Handbook of Human Factors and Ergonomics*, 3rd edition. New Jersey: Wiley, 1517-1537.
7. Cherednichenko, A., Assmann, E. & Bubb, H. 2006, Experimental Study of Human Ingress Movements for Optimization of Vehicle Accessibility. In: R.N. Pikaar, E.A.P. Koningsveld & P.J.M. Settels (Eds.), *Meeting Diversity in Ergonomics*. Amsterdam: Elsevier.
8. Malik, F. 2002, Strategie des Managements komplexer Systeme — Ein Beitrag zur Management-Kybernetik evolutionärer Systeme. Bern: Haupt Verlag.
9. Zäh, M. F., Lau, C., Wiesbeck, M., Ostgathe, M. & Vogl, W. 2007a, Towards the cognitive factory. In: 2nd International Conference on Changeable, Agile, Reconfigurable and Virtual Production (CARV), Toronto, Canada.
10. Zäh, M. F., Wiesbeck, M., Engstler, F., Friesdorf, F., Schuboe, A., Stork, S., Bannat, A. & Wallhoff, F. 2007b, Kognitive Assistenzsysteme in der manuellen Montage, *wt Werkstatt Technik online*.

Ergonomic Crisis Management of Heterogenous Multi-agent Systems by Example of Advanced Driving Assistance Systems

Marina PLAVSIC

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

Abstract: The introduced dissertation deals with the problematic of driving assistance systems in critical situations. Based on human behaviour analysis and formalization, requirements for situation-adaptive Augmented Reality-based assistance systems will be derived and different systems evaluated. Found principles are planned to be generalized in order to be applied to likewise systems.

Keywords: Assistance systems, Mental models, Augmented Reality.

1. Introduction

High mobility has become a precondition for the modern human's quality of life. With globalization of trade and industry, traffic and transport have grown to be key factors of today's economy. Although a lot has been invested in improving traffic safety over the last 30 years, the number of traffic accidents happening on European roads is still unacceptable. The European Commission has calculated that 1.3 million accidents per year cause 40,000 deaths and 1.7 million injuries on European roads (EC 2003). Statistics reporting that human error is the reason for about 90% of accidents did not change from 1930 up to today (Gruendl 2005). The explanation is, that the driver is theoretically able to prevent most of the accidents by correct reaction or precocious behavior.

In its White Paper, the EC has set the goal of halving the number of road accidents by 2010. For this goal to be reached, improvements can be done on macro-level (traffic infrastructure), meso-level (traffic organization) and micro-level (human-machine interface and dynamical characteristics of vehicle). The macro- and meso-level are regulated by the EU as well as its member states and the micro-level is researched by various universities and companies. Over the last decades, a lot has been done for the improvement on the micro-level within several huge international and German projects. Focus has been given to the development of advanced driving assistance systems (ADAS), whose purpose is to support the driver in the driving task and to increase the comfort of driving (Bubb 2005). However, they are not widely spread enough for statistics about their benefits to exist. Considering their long history, and the huge efforts put into their development, the question arises, why they are not more widely used.

2. Problem: The Paradoxon of Advanced Driving Assistance Systems (ADAS)

The primary driving task consists of navigation, guidance and stabilization. Especially, ADAS aiming to support on the guidance level, introduce new problems. They change the driving task and in that way the mental and psycho-motor requirements to

the driver. Depending on the mode of assistance, the driver needs to perform the driving task himself or supervise how well the system perform the driving task, with all the consequence of a supervision task, caused by loss of skills and sudden changes between underload and overload (Brookhuis et al. 2001).

With the increasing number of separately developed ADAS, also the amount of information increases, which the driver needs to handle. The biggest problem is, that the driver needs to keep track of the different ADAS' modes and to estimate their reactions. In case he is fully able to cope with the situation alone, this task is distracting and annoying and leads to a low acceptance of ADAS (Kassner & Vollrath 2006). In addition, in case of uncoordinated ADAS systems, the danger of simultaneous feedback exists, which especially in crisis situations can be fatal.

3. Scientific Question and Planned Approach

The increasing amount of (autonomously) acting entities in a vehicle entails the need for a crisis management. Due to legal and ergonomic reasons the driver needs to have control of the system, also in crisis situations. Therefore, the crisis management is to be centered around the drivers needs and hence be an ergonomic crisis management.

Vehicle and human form a heterogenous multi-agent system, with the ADAS as artificial agents and the human as biological agent, hence heterogenous. Further, the vehicle is part of a fractal heterogenous multi-agent system road traffic. Upwards, this extends to complete traffic systems and downwards into the car's subsystems and their components. The question is: How does an ergonomic crisis management need to look like, which is happening on all levels of this system, in order to avoid and compensate for driver's mistakes and, therefore, to increase road security ?

The essential part of crisis management are strategies for communication in critical situations. In case of the heterogenous multi-agent system, this means ADAS-ADAS communication on one hand and human-ADAS communication on the other. Although not used in modern vehicles, the principles of inter-agent communication for artificial agents are well researched. The most problematic and challenging point is the communication between artificial and biological agent, the human-ADAS communication and derived therefrom the requirements for the communication infrastructure in heterogenous multi-agent systems.

4. Human-ADAS Communication in Crisis Situations

Base for communication are a common language as well as an understanding for the communication partners cognitive capabilities and limits. During a crisis situation, the driver cannot control extra buttons or levers, he solely communicates via steering wheel and pedals. Further, distraction of the driver needs to be avoided, so the full attention stays on the scene.

Augmented Reality (AR) with a conformal head-up display will serve as communication channel from ADAS to human and formalized mental models of the driver serve as base for estimation of capabilities and limits. Finally, experimental scenarios are described for analyzing human behavior as well as evaluation of the developed concepts.

4.1 Augmented Reality (AR)

Augmented Reality (AR) supplements the real world with virtual objects that appear to coexist in the same space (Azuma et al. 2001). In that way, additional, otherwise unavailable, information can be presented to the driver, e.g. braking distance, hidden objects, driving path in foggy weather. In cars, this is done with head-up displays (HUDs), which are only allowed to display information directly above the engine hood, although projection onto the windshield would be possible with the current technology. The reason is, that possible negative effects of such information display have still not been researched enough in the context of road traffic, like cognitive capture and perceptual tunneling, known from aero industry (Tönnis 2006).

However, HUDs have a huge potential by enabling the display of synthetic information which can significantly reduce the mental workload and help to prevent human mistakes (Bubb 1993). The perception of secondary information is possible while keeping the focus of attention on the road ahead, which is especially important in situations with high visual load, such as intersections. A number of studies have proven the benefits of HUDs over HDDs (head-down displays): reduced scanning time, reduced focus distraction from road, as well as reduced reaccommodation time (Burnett 2003).

In course of the dissertation, AR objects will be developed and ergonomically evaluated for suitability in the human-ADAS interface.

4.2 Modelling Human Behaviour and Cognitive Processes in Driving

As a first step, it is necessary to understand the reasons for human mistakes in driving. Failure decisions and evaluations cannot be directly observed, but, only in form of mistake actions and their results. An in-depth analysis of human mistakes in driving has shown, that errors in information processing are by far the main reasons for accidents (Gruendl 2005). In order to support the driver, these information processes, i.e. the cognitive human processes relevant for the driving task, need to be understood.

Various models have been developed to simulate and account for human behavior in driving. Most of the early models focus primarily on a control-theoretic description of driving, like steering control and are by far too simple for explanation of driver behavior during crisis situations. However, there are significant efforts towards integrated driver models, using cognitive architectures, like ACT-R. Base for a cognitive architecture is a psychological theory of perception, cognition and motor movements. The control-theoretic approach is extended by modeling also the driver's visual processing and his actions, by an integrated view of low-level control and high level decision making, as well as multitasking capabilities (Salvucci 2006).

Such models are already used for predicting human actions based on certain driving scenarios (Salvucci & Liu 2004). In the scope of the dissertation, these models and their extension will be evaluated as base for situation-adaptive ADAS.

4.3 Experimental Scenarios

Up until recently, the simulation of crisis situations was problematic and there were no methods to estimate mental workload or situational awareness of the driver, especially in real-time. With newer driving simulators, like the fixed-based driving simulator at the Institute of Ergonomics, TUM, it is possible and cheap to generate

subject experiments, concerning crisis situations. With light-weight eye-tracking system, like Dikablis, it is further possible to gain data about gaze behaviour, without influencing the subject by distractive measurement equipment.

For studying human information-processing errors, the intersection has been chosen. In 2006, 36% of all accidents in Germany happened on intersections (SB 2006). The scenarios can be scaled from very low complexity to very high complexity, depending on the amount of traffic participants. A complex intersection scenario leads to a high visual load, as many independently moving objects need to be tracked and their distance be estimated.

5. Further Steps

Currently, subject experiments are conducted. Based on their evaluation, driver behaviour in crisis situations will be formalized. From that, requirements for situation-adaptive AR-based assistance systems will be derived, as well as for the underlying ADAS-ADAS and ADAS-subsystem communication. Different AR-based concepts will be developed and experimentally evaluated.

Further, limits of an isolated view of a single human-vehicle system will be identified and result in requirements for inter-vehicle and vehicle-road communication. Found principles are planned to be generalized in order to be applied to likewise systems.

6. Literatur

1. Azuma, R., Bailiot, Y., Behringer, R., Feiner, S., Julier, S. & Macintyre, B. 2001, Recent advances in augmented reality, *IEEE Computer Graphics and Applications*, 21, 34–47.
2. Brookhuis, K.A, de Waard, D. & Janssen, W.H. 2001, Behavioural impacts of advanced driver assistance systems-an overview, *European Journal of Transport and Infrastructure Research*, 1, 245-253.
3. Bubb, H. 1993, Systemergonomie. In: H. Schmidtke (Hrsg.), *Ergonomie*. München: Hanser, 333–420.
4. Bubb, H. 2005, Driver-assistance a contribution to safety and comfort or technical gimmicks ? In: *International Conference on Computer-Aided Ergonomics and Safety*, Kosice, Slovak Republic.
5. Burnett, G. 2003, A road-based evaluation of a head-up display for presenting navigation information. In: *Proceedings of the Tenth International Conference on Human-Computer Interaction*, 180–184.
6. EC 2003, European road safety action programme: Halving the number of road accident victims in the european union by 2010: A shared responsibility, Com(2003) 311 final. Brussels: Commission of the European Communities.
7. Gruendl, M. 2005, Fehler und Fehlverhalten als Ursache von Verkehrsunfällen und Konsequenzen für das Unfallvermeidungspotenzial und die Gestaltung von Fahrerassistenzsystemen, Dissertation. Regensburg: Universität Regensburg, Philosophische Fakultät II - Psychologie, Pädagogik und Sportwissenschaft.
8. Kassner, A. & Vollrath, M. 2006, Akzeptanzmessung als Baustein für die Entwicklung von Fahrerassistenzsystemen, *VDI Berichte*, 1960, 97-112.
9. Salvucci, D. & Liu, A. 2004, Modeling and prediction of human driver behaviour. In: *9th International Conference on Human-Computer Interaction*, New Orleans, LA.
10. Salvucci, D.D. 2006, Modeling driver behavior in a cognitive architecture, *Human Factors*, 48, 362–380.
11. Statistisches Bundesamt, Fachserie 8, Reihe 7, Verkehrsunfälle – Dez. 2005, 2006.
12. Tönnis, M. 2006, Time-critical supportive augmented reality - issues on cognitive capture and perceptual tunnelling. In: *Colloquium on the 5th International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR)*.

Validierung einer Methode zur präventiven digitalen Ergonomiebewertung

Lars FRITZSCHE

*Daimler AG, Group Research & Advanced Engineering,
P.O. Box 2360, D-89013 Ulm*

Kurzfassung: Frühzeitige Ergonomieuntersuchungen an digitalen Daten erhöhen die Möglichkeiten, effektiv Montagearbeitsplätze zu gestalten und so Gesundheitsrisiken präventiv zu minimieren. Dieser Beitrag beschreibt Grundlagen und Ansätze zur Validierung einer Ergonomiecheckliste für die Bewertung digitaler Menschsimulationen.

Schlüsselwörter: Digitales Menschmodell, digitale Fabrik., Ergonomie

1. Einleitung

Digitale Werkzeuge sind in der Automobilindustrie und anderswo zunehmend wichtiger, um eine effiziente Produktionsplanung sicherzustellen. Mit ihrer Hilfe werden die Funktionalitäten und das Zusammenwirken aller Produkte, Prozesse und Ressourcen frühzeitig abgesichert. Ziel ist es, den Produktreifegrad zum Serienanlauf zu optimieren, Änderungskosten zu reduzieren und ineffiziente Arbeitsabläufe zu vermeiden.

Unter dem Sammelbegriff „Digitale Fabrik“ werden Modelle, Methoden und Werkzeuge zusammengefasst, die – u. a. durch Simulation und 3D-Visualisierung – zum Erreichen dieser Ziele beitragen sollen (VDI 4499). Während diese in vielen Einsatzbereichen, z. B. der Layout- und Anlagenplanung, bereits intensiv genutzt werden, wird die Ressource Mensch noch nicht ausreichend in der digitalen Fabrik betrachtet. Bereits verfügbare Möglichkeiten zur Ergonomiesimulation werden in der Praxis bisher nur sporadisch und wenig systematisch eingesetzt.

Dem steht die Tatsache gegenüber, dass nach wie vor – auf Grund der erforderlichen Variantenvielfalt und Flexibilität – viele Tätigkeiten in der Automobilendmontage von Menschen ausgeführt werden. Die durch die demographische Entwicklung bedingte Alterung der Belegschaft verstärkt dieses Problem. Zudem konnten einige Forschungsergebnisse einen positiven Effekt von guter Ergonomie auf Produktivität und Qualität am Arbeitsplatz aufzeigen (z. B. Hendrick 2003). Aus diesen Gründen ist in den letzten Jahren die Überzeugung gewachsen, dass auch die 'Funktionalität' der menschlichen Ressource möglichst frühzeitig im Produktionsplanungsprozess abgesichert werden sollte.

2. Ergonomiesimulationen mit digitalen Menschmodellen

Eine digitale Ergonomiesimulation zielt auf die interaktive Gestaltung und Optimierung manueller Arbeitsaufgaben. Sie kann dazu beitragen, Belastungsschwerpunkte bzw. potentielle Gesundheitsrisiken rechtzeitig zu entdecken und präventive Interventionen zu deren Vorbeugung einzuleiten. Geschieht dies bereits in frühen Phasen der Produktionsplanung auf Basis rein digitaler Daten, können effektive und nach-

haltige Gestaltungsmaßnahmen getroffen werden, beispielsweise bezüglich der Montagekonzepte oder Verbaureihenfolge. In späteren Phasen bestehen aus Kostengründen allenfalls noch korrektive Möglichkeiten zur Veränderung bereits geplanter Arbeitsvorgänge. Ein weiterer Vorteil von Simulationen ist, dass unterschiedliche Gestaltungsalternativen für Arbeitsplätze gefahrlos getestet und miteinander verglichen werden können. Auf diese Weise können nicht nur gesundheitliche Risiken, sondern auch andere Probleme im Mensch-Maschine-System, z. B. der Teilebereitstellung, frühzeitig erkannt und korrigiert werden, ohne dass bereits Kosten für die Errichtung von Anlagen etc. entstanden sind (Landau 2000).

Trotz dieser Vorteile und dem oftmals bescheinigten hohem Potential digitaler Menschmodelle zur präventiven produktionsergonomischen Gestaltung (z. B. Chaffin 2005), haben sie sich der betrieblichen Praxis, ausgenommen von einzelnen Pilotstudien, noch nicht durchgesetzt. Für diese geringe Marktakzeptanz und die wenig systematisierte Anwendung gibt es im Wesentlichen drei Gründe. Zum einen ist die Bedienung der Simulationswerkzeuge respektive der digitalen Menschmodelle schwierig und zeitaufwendig, insbesondere beim Erstellen dynamischer Arbeitsabläufe. Zweitens ist der Mehrwert mangels Integration von adäquaten Ergonomiebewertungsmethoden begrenzt. Drittens weisen alle digitalen Simulationstools noch einige Qualitätsdefizite auf, z. B. kann die implementierte inverse Kinematik zu unnatürlichen Bewegungen führen.

Aktuell sind am Markt eine Reihe unterschiedlicher Menschmodelle verfügbar. Neben JACK von Siemens/ UGS wird vor allem das SAFEWORK-Modell, welches in die Softwareumgebung DELMIA V5 der Firma Dassault Systems integriert ist, für produktionsergonomische Fragestellungen genutzt (z. B. Mavrikios et al. 2007). Allen Modellen ist gemeinsam, dass sie spezielle Kenntnisse, Erfahrungen und Geschick vom Anwender erfordern, um eine ausreichend realistische Darstellung zu generieren. Dem hohen Zeitaufwand zum Erstellen dynamischer Simulationen stehen nur begrenzte Auswertemöglichkeiten hinsichtlich der Ergonomie der nachgestellten Arbeitsvorgänge gegenüber.

DELMIA V5 beinhaltet zwar verschiedene Standardmethoden zur Ergonomiebewertung, beispielsweise können manuelle Lastenhandhabungen nach den Verfahren von Snook & Ciriello (1991) oder NIOSH 1981/ 1991 (Waters et al. 1993) untersucht werden. Allerdings kann die für die Risikobeurteilung sehr wichtige Körperhaltung nur mit dem RULA-Verfahren (Rapid Upper Limb Assessment, McAtamney & Corlett 1993) analysiert werden. Hierbei handelt es sich um ein Screening-Verfahren für den ganzen Körper, mit dem jedoch nur Bewertungen für einzelne statische Szenen generiert werden können. Eine kumulative Beurteilung zusammenhängender Tätigkeiten, etwa vollständiger Montage-Takte mit einer Zeitdauer von ein bis zwei Minuten, ist nicht möglich. Genau das ist aber erforderlich, um zu einer ganzheitlichen Risikoabschätzung zu gelangen. Diese sollte einerseits die Frequenz und Dauer einzelner Körperhaltungen einbeziehen, und andererseits die Integration weiterer relevanter Risikofaktoren, insbesondere Lastenhandhabung und Aktionskräfte, in einem einzigen Kennwert leisten können.

Zusammenfassend betrachtet, bringen die aktuell in DELMIA und anderen Mensch-Simulationen integrierten Tools zur Ergonomiebewertung wenig Mehrwert. Sie beurteilen relevante Risikofaktoren separat voneinander (Lastenhandhabung, Körperhaltung), sind dabei nicht vollständig (Aktionskräfte werden z. B. nicht analysiert) und sie können keine Aussage darüber machen, wie das gesundheitliche Risiko an einem geplanten Arbeitsplatz im vorgesehenen Montagetakt insgesamt einzuschätzen ist (rein statische Betrachtung). Daher finden diese Verfahren in der be-

trieblichen Praxis der Daimler AG keine Verwendung. Folglich ist eine eigene Implementierung anderer Methoden erforderlich, um die digitale Bewertung der Produktionsergonomie systematisch im Planungsprozess zu verankern und die Vorteile einer frühzeitigen Absicherung nutzen zu können.

3. Auswahl der Ergonomiebewertungsmethode

Ein Verfahren, das die beschriebenen Anforderungen an eine gesamtheitliche Risikobeurteilung erfüllt, ist das „Automotive Assembly Worksheet“ (AAWS, Schaub 2004). Dieses Checklistenverfahren wurde von der TU Darmstadt in Kooperation mit der Industrie speziell zur Bewertung körperlicher Belastungen in der Fahrzeugmontage entwickelt. Es deckt alle relevanten Risikofaktoren ab: Körperhaltung, Lastenhandhabung, Aktionskräfte sowie zusätzliche Belastungen im Arbeitsprozess. Für jede dieser Kategorien werden gewichtete Punktwerte vergeben, die dann zu einem Gesamtwert addiert und gemäß der DIN EN 614-1 nach dem Ampelprinzip beurteilt werden. Ergebnisse im grünen Bereich sind risikolos und empfehlenswert, der gelbe Bereich deutet auf ein mittleres Risiko hin und erfordert erneut eine detaillierte Betrachtung, Arbeitsplätze im roten Bereich sind dagegen mit einem hohen gesundheitlichen Gefährdungsrisiko verbunden und sollten dringend verändert werden.

Insgesamt ermöglicht das AAWS auf diese Weise eine effiziente und umfassende Beurteilung der vorliegenden Belastungssituation für gesamte Taktumfänge anhand eines einzigen Kennwertes. Es eignet sich daher sehr gut für eine gesamtheitliche Risikoabschätzung, z. B. im Rahmen des kontinuierlichen Verbesserungsprozesses. Aus diesem Grund wurde kürzlich eine mit den internen Vorgaben der Daimler AG konforme Variante des AAWS in Kooperation mit der TU Darmstadt entwickelt und erprobt. Im Sinne einer durchgängigen Nutzung standardisierter Methoden soll die „Daimler ErgoCheckliste“ nun auch frühzeitig im Planungsprozess zur Bewertung digitaler Simulationen verwendet werden.

4. Ansatz zur Validierung der Ergonomiecheckliste für Menschsimulationen

Bevor die Daimler ErgoCheckliste für digitale Menschsimulationen flächendeckend zum Einsatz kommen kann, muss wie bei jeder Simulation zunächst sichergestellt werden, dass das Verhalten des realen Systems durch das modellierte System hinreichend genau wiedergegeben werden kann (Kühn 2006). Konkret stellt sich die Frage, wie zutreffend auf diese Weise Vorhersagen über die zu erwartende ergonomische Belastungssituation gemacht werden können bzw. inwiefern die Simulation des Arbeitsvorganges auf Basis von Planungsdaten dem tatsächlichen Ablauf in der realen Fabrik entspricht. Es bedarf somit einer Überprüfung der Validität (= Gültigkeit) der Ergonomiebewertung mit der digitalen Daimler ErgoCheckliste.

Kernelement dieser Validierung ist die Untersuchung der prognostischen Validität der Simulation, also der Frage, wie gut die spätere Belastungssituation durch die digitale Bewertung vorhergesagt werden kann. Dies erfolgt durch eine detaillierte Gegenüberstellung der Bewertungsergebnisse von digitalen Montagesimulationen und denselben Arbeitsplätzen in Realität. Hierfür werden 20 Szenarien ausgewählt, wobei ein Szenario jeweils die Tätigkeiten an einer Arbeitsstation bzw. in einem Takt von ca. ein bis zwei Minuten umfasst. Diese Szenarien sollen eine möglichst repräsentative Stichprobe der vorkommenden Tätigkeiten darstellen und verschiedene Belas-

tungsarten umfassen, z. B. Überkopfarbeiten, Innenraum, etc.

Nachdem die Szenarien-Auswahl getroffen ist, werden zunächst alle relevanten Eingangsdaten beschafft, also die Geometriedaten der Baureihe und die Planungsdaten für die einzelnen Stationen (Standardarbeitsblatt, MTM-Analyse). Dann werden die realen Arbeitsplätze durch zwei Ergonomieexperten mit der Daimler ErgoCheckliste bewertet. Danach erfolgt das Erstellen der Simulationen, orientiert an dem Daten- und Planungsstand zum Zeitpunkt der realen Bewertung. Schließlich werden die Simulationen nach ca. zwei Monaten erneut von den beiden Ergonomieexperten bewertet. Mit diesem Vorgehen wird einerseits ausgeschlossen, dass Änderungen der realen Arbeitsabläufe während der Simulationserstellung die Vergleichbarkeit beeinträchtigen. Zum Zweiten soll so eine mögliche Verzerrung der Ergebnisse verhindert werden, denn nach zwei Monaten ist davon auszugehen, dass sich die Experten nicht mehr konkret an ihr vorheriges Bewertungsergebnis erinnern.

Als Messgrößen werden die Punktbewertungen mit der Daimler ErgoCheckliste unter den beiden Bedingungen real vs. simuliert differenziert bezüglich der verschiedenen Bewertungskategorien (Körperhaltung, Lasten, etc.) verglichen. Auch die Beobachterübereinstimmung als Maß für die Objektivität der Checkliste und damit als eine notwendige aber nicht hinreichende Bedingung für die Validität wird innerhalb und zwischen den zwei Bedingungen verglichen. Schließlich soll auch die Retest-Reliabilität bei der Simulationsbewertung untersucht werden, d. h. die beiden Beobachter sollen nach zwei weiteren Monaten erneut die digitale Menschsimulation bewerten (zur Methodik s. Bortz & Döring 2006).

Insgesamt wird angenommen, dass die systematische Integration der Daimler ErgoCheckliste bzw. des AAWS in bestehende Planungstools wie Delmia V5 eine effiziente Bewertung simulierter Montageabläufe ermöglicht und die praktische Nutzbarkeit digitaler Menschmodelle für Fragestellungen der Produktionsergonomie verbessert. Damit werden neue Möglichkeiten geschaffen, ungünstige Belastungen bereits in frühen Planungsphasen systematisch zu entdecken und zu vermeiden.

5. Literatur

1. Bortz, J. & Döring, N. 2006, Forschungsmethoden und Evaluation für Human- und Sozialwissenschaftler, 4. Auflage. Heidelberg: Springer.
2. Chaffin, D.B. 2005, Improving Digital Human Modeling for Proactive Ergonomics in Design, *Ergonomics*, 48, 478-491.
3. DIN EN 614-1: 2006, Sicherheit von Maschinen. Ergonomische Gestaltungsgrundsätze – Teil 1: Begriffe und Allgemeine Leitsätze. Berlin: Beuth.
4. Hendrick, H.W. 2003, Determining the cost-benefits of ergonomics projects and factors that lead to their success, *Applied Ergonomics*, 34, 419-427.
5. Kühn, W. 2006, Digitale Fabrik: Fabriksimulation für Produktionsplaner. München: Hanser.
6. Landau, K. (Hrsg.) 2000, Ergonomic Software Tools in Product and Workplace Design – A Review of Recent Developments in Human Modelling and other Design Aids. Stuttgart: IFAO.
7. Mavrikios, D., Pappas, M., Kotsonis, M., Karabatsou, V. & Chryssolouris, G. 2007, Digital Humans for Virtual Assembly Evaluation. In: V.G. Duffy (Edt.), *Digital Human Modeling*, HCII 2007, LNCS 4561. Berlin: Springer, 939–948.
8. Schaub, K. 2004, Das "Automotive Assembly Worksheet". In: K. Landau (Hrsg.), *Montageprozesse gestalten: Fallbeispiele aus Ergonomie und Organisation*. Stuttgart: ergonomia, 91-111.
9. Snook, S.H. & Ciriello, V.M. 1991, The Design of Manual Handling Tasks: Revised Tables of Maximum Acceptable Weights and Forces, *Ergonomics*, 34, 1197-1213.
10. VDI 4499 Blatt 1: 2006, Digitale Fabrik – Grundlagen (Entwurf). Berlin: Beuth.
11. 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.

Workshops

Motion Capturing for Preventive Ergonomic Assessment – Possibilities and Challenges for Practical Application

Jürgen KLIPPERT¹, Lars FRITZSCHE², Thomas GUDEHUS¹, Jürgen ZICK¹, Sibylle D. STECK², Ralph EHLER², Alberto BARCENAS¹, Massimo DI PARDO³, Fabrizio SESSA³, Rolf ELLEGAST⁴, Florian ENGSTLER⁵ und Karlheinz SCHAUB⁶

¹ *Institut für Arbeitswissenschaft, Universität Kassel,
Heinrich-Plett-Str. 40, D-34109 Kassel*

² *Daimler AG, Group Research & Advanced Engineering,
P.O. Box 2360, D-89013 Ulm*

³ *Centro Ricerche Fiat S.c.p.a., Strada Torino 50, I-10043 Orbassano*

⁴ *BGIA, Alte Heerstrasse 111, D-53757 Sankt Augustin*

⁵ *Lehrstuhl für Ergonomie, Technische Universität München,
Boltzmannstraße 15, D - 85747 Garching*

⁶ *Institut für Arbeitswissenschaft, Technische Universität Darmstadt,
Petersenstr. 30, D-64287 Darmstadt*

Abstract: This paper presents different systems for capturing digital data of human motion and examines their suitability for ergonomic purposes.

Keywords: Ergonomics, Digital Factory, Motion Capturing, Safety and Health at Work.

1. Introduction

Digital and virtual tools are becoming increasingly important for efficient production planning in automotive industries. Their objective is to verify the operation and seamless interaction of all processes, products and resources in a digital factory. On the one hand, the human resource is not sufficiently considered whereas layout and facility planning are already well covered by digital manufacturing methods (Theberge et al. 2001). On the other hand, due to the high product variety, still a lot of the tasks in automobile assembly have to be carried out manually. This problem, combined with the aging workforce and approved effects of ergonomics on productivity and quality (Hendrick 2003), led to the conclusion that also the human 'functioning', i.e. the ergonomic workplace design, has to be verified in early stages of production planning.

The currently available methods for simulating manual tasks are insufficient because the programming of the movements of the digital humans is time consuming and therefore expensive. That is the main reason, why production planners abstain from using the tools for simulating assembly tasks. Hence, the sources for physical strain will not be discovered till the production establishment is implemented.

Using motion capture technologies may be a solution for reducing the time for programming the movements of digital humans. Within the framework of this paper, different motion capture systems will be presented. Beyond the theoretical and technical aspects experiences with practical application in the field and integration in established procedures of production planning will be reported.

2. Available Systems for Motion Capturing

2.1 A System from the Entertainment Industry: Animazoo Gypsy Gyro 18

The Animazoo Gypsy Gyro 18 is a market available System with body fixed sensors, which is regularly used for entertainment purposes. Researchers of the Kassel University adopted the system for ergonomic purposes within the framework of the research project Cybernetic Manufacturing Systems (Funded by the EU within the 6. Framework Programme). The Gypsy Gyro 18 features nineteen tiny inertial sensors attached to a flexible Lycra suit allowing precision and stability of motion data. Each body fixed sensor consists of accelerometers, gyroscopes and magnetic sensors. The portable system is easy to use and allows brief setup times (approx. 20 minutes). It provides outstandingly accurate motion capturing and real-time animation of avatars. Because of the small size of the sensors and the wireless data transmission the test person has maximum liberty of action.

A further advantage for ergonomic purposes is the fact that this system has no problem with occlusion. Motion Capturing will be still possible even if the test person is behind walls or occluded by equipment. Software developed by the University of Kassel makes the Gypsy Gyro 18 an ergonomic assessment tool (Gudehus et al. 2007).

2.2 A System Specifically Developed for Ergonomic Purposes: CUELA

Since ten years the BGIA is developing and using the motion and force capture system CUELA, which is designed for whole-shift recordings and analysis of work-related postural and mechanical loads in ergonomic field analysis (e. g. Ellegast & Kupfer 2000; Freitag et al. 2007). It consists of accelerometers, gyroscopes and potentiometers, which can directly be attached to the worker's clothes, and a small portable data-logger (sampling rate 50 Hz, 168 channels). The basic CUELA system enables a motion capturing of the trunk (3D) and of the lower extremities in the sagittal plane. An extension of the CUELA measurement system also provides a 3D motion recording of the shoulder-arm system (shoulder blade, shoulder joint, elbow, forearm and wrist), the inclination of the pelvis and the head. The measurement data can easily be synchronized and displayed to video recordings. For hazard evaluation the CUELA software contains ergonomic and biomechanical analysis tools. There are also interfaces to biomechanical link segment models to calculate force and torque vectors at model joints, in particular at selective locations of the lumbar spine (e. g. Glitsch et al. 2007).

2.3 A System for marker less Motion Capturing: MeMoMan

The model based marker less motion capturing system MeMoMan is currently being developed at the institute of ergonomics and the institute of image understanding and knowledge-based systems of the Technische Universität München. The basic concept is to combine a detailed digital human model with state of the art image understanding algorithms. First approaches by Seitz (2003) have demonstrated the potential of this method on the basis of the measurement system PCMAN as shown by Oudenhuijzen et al. (2007). MeMoMan carries on with this research.

For capturing subjects are filmed using multiple standard digital video cameras. There are no affecting clothes or environment settings required, however subjects

should wear tight fitting clothes and the lighting conditions should allow for a minimum of shadow prints.

The system uses an anthropometrically adjusted digital representation of the subject. The anthropometric adjustment is done with the PCMAN software which has the same model structure as the RAMSIS digital human model. After extracting the subject's shape from the videos by background subtraction the model position and joint angles are adjusted using a particle filter. In contrast to marker based systems Me-MoMan does not require any posture reconstruction on the basis of marker trajectories but directly outputs joint angle data which can be used for further analysis.

First tracking experiments covering upper body motion indicate the approach to achieve good accuracy and stability. However, depending on the desired tracking quality the time required for posture adjustment is up to 30 seconds per frame. Currently the system is extended to whole body motion and several approaches to improve speed and stability are being tested.

3. Integrating Early Ergonomics Assessment in Digital Production Planning

The digital simulation of human work activities is already possible. But the market acceptance of CAD-tools like 'Jack' and 'Safeworks' is low. Also virtual reality (VR) tools like VD2 VR-Ramsis, IDO Ergonomics haven't reached a stage of real operative usage, as they already did for product ergonomics. Both, CAD and VR simulation tools are still time-consuming in data preparation. Also, CAD simulations are very complicated, especially when dynamic scenes and not only static postures have to be examined. Additionally, some other problems like insufficient inverse kinematics and body-part-penetrations occur frequently in all available man-models.

In current research, different approaches are investigated for reducing the effort and enhancing the validity of digital human simulations. In one approach different motion capturing technologies are applied (see above). Another approach is the systematic creation of posture databases, building a modular system for simplifying the configuration of a human simulation (e.g. Chaffin 2005). But even with these catalogues, the simulation effort remains relatively high. Therefore, semiautomatic simulations mainly based on alpha-numerical planning data, are the future vision for production planning. For instance, MTM time segments and other attributes of the planned activity, e.g. working height, can be integrated and matched with a posture. An automatic process visualisation can then be derived from a sequence of MTM segments and followed by a manual fine-tuning if necessary. The software tool MTMergonomics® (Schaub et al. 2004) is a first step in this direction. In VR ergonomics is the iTeach-system, recently presented by Hoffmann et al. (2007), a promising approach for reducing handling and simulation efforts.

4. Conclusions

Even if simulations based on alpha-numerical planning data will be a step towards early stage ergonomic assessment, the investigation of the concrete and tangible situation by motion capturing in the real environment or a mock up is necessary.

The most elaborated system for motion capturing is CUELA which allows adoption to several different working tasks by using different sets of sensors. Some sensors of CUELA, e.g. the potentiometers are worn exterior. They may constrict liberty of ac-

tion under narrow conditions. The MeMoMan system which works completely without sensors or markers provides maximum liberty of action but the accuracy of Motion Capturing is limited if the test person was occluded. This is the major strength of Gypsy Gyro 18. It provides occlusion free capturing but in some cases problems with magnetic interferences will occur. In order to get a detailed view on the ergonomic conditions paper and pencil methods still useful, because human experts will detect the edge cases, which will not be detected by any technology.

Regardless by which technology human motion data for a CAD or VR simulation is generated, the true objective is to verify whether the human worker can carry out a certain assembly activity over years of serial production, without seriously risking his health. To assess the expected health-risk with a digital or virtual work activity simulation, valid man-models and valid ergonomic methods are needed. An adequate assessment should focus on the whole working process, rather than on static postures, allowing workload-predictions per cycle time and assembly station. The Automotive Assembly Worksheet (AAWS; Schaub 2004) is a method providing such a risk assessment, including different factors like posture, forces and weights. Current research investigates the validity of an AAWS-based Daimler-specific checklist for assessing work activity simulations.

5. Literature

1. Chaffin, D.B. 2005, Improving Digital Human Modeling for Proactive Ergonomics in Design, *Ergonomics*, 48, 478-491.
2. Ellegast, R.P. & Kupfer, J. 2000, Portable posture and motion measuring system for use in ergonomic field analysis. In: K.Landau (Edt.), *Ergonomic Software Tools in Product and Workplace Design*. Stuttgart: Ergon, 47-54.
3. Freitag, S., Ellegast, R., Dulon, M. & Nienhaus, A. 2007, Quantitative measurement of stressful postures in nursing professions, *Annals of Occupational Hygiene*, 51, 385-395.
4. Glitsch, U., Ottersbach, H.J., Ellegast, R., Schaub, K., Franz, G. & Jäger, M. 2007, Physical workload of flight attendants when pushing and pulling trolleys aboard aircraft, *International Journal of Industrial Ergonomics*, 37, 845-854.
5. Gudehus, T., Klippert, J. & Zick, J. 2007, Motion Capturing zur frühzeitigen ergonomischen Bewertung von Montage-Tätigkeiten, Paper presented at IFF Wissenschaftstage 2007 Magdeburg.
6. Hendrick, H.W. 2003, Determining the cost-benefits of ergonomics projects and factors that lead to their success, *Applied Ergonomics*, 34, 419-427.
7. Hoffmann, H., Schirra, R., Westner, P., Meinken, K. & Dangelmaier, M. 2007, iTeach: Ergonomic Evaluation Using Avatars in Immersive Environments, In: C. Stephanidis (Edt.), *Proceedings of Human Computer Interaction International 2007*, LNCS 4554. Berlin: Springer, 365-373.
8. Oudenhuijzen, A.J.K., Seitz, T. & Bubb, H. 2006, Accuracy assessment of a model-based human motion measurement system, a pilot study, *International Journal of Human Factors Modeling and Simulation*, 1, 40-51.
9. 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, 175-199.
10. Schaub, K. 2004, Das "Automotive Assembly Worksheet". In: K. Landau (Hrsg.), *Montageprozesse gestalten: Fallbeispiele aus Ergonomie und Organisation*. Stuttgart: ergonomia Verlag, 91-111.
11. Seitz, T. 2003, Videobasierte Messung menschlicher Bewegungen konform zum Menschmodell RAMSIS, Dissertation. München: Technische Universität München.
12. Theberge, N., Granzow, K., Neumann, P., Brawley, L., Frazer, M., Laing, M., Norman, R., Wells, R., Kerton, R., Greco, L. & Cole, D. 2001, Participatory Ergonomics: Assessing the Impact of Different forms of Involvement on Reported Outcomes. In: *Proceeding of the SELF-ACE 2001/IRSST Conference*, Montreal, Quebec, Canada.

Motion capturing – paper & pencil methods

Karlheinz SCHAUB

*Institute of Ergonomics, Darmstadt University of Technology,
Petersenstr. 30, D-64287 Darmstadt*

Abstract: This contribution presents paper & pencil methods for capturing data of human motion and load situations as a basis for ergonomics risk assessments – during production as well as in early stages of product development processes.

Keywords: Ergonomics, Digital Factory, Motion Capturing, Safety and Health at Work.

1. Introduction

The dual European concept of health and safety at work requires that ergonomic workload assessments have to be carried out in various phases of the product development and production phase. In order to offer compliance with these EU-regulations and provide tools for the practitioners, the Institute of Ergonomics, Darmstadt University of Technology (IAD) developed a series of paper & pencil methods in order to capture and evaluate the human motions and postures and the related physical workload. The tools developed allow an ergonomic risk evaluation on basis of a traffic light (3 zone rating) system as demanded by the EU-Machinery Directive, supplemented by an ergonomic score for each workstation or operation which prioritizes the ergonomic interventions required.

2. Method overview

The methods developed by the IAD can be grouped into the categories of human or workplace oriented systems. Human oriented systems observe a real or imaginary worker with respect to its posture and external load. The result of a risk analysis is in this case a subjective one as the individual's working posture is a function of the workplace geometry and the individual's body height. With respect to the individual physical capabilities, also the evaluation of the workload will be subjective. Using low, medium and high percentiles with respect to anthropometric and physical worker capabilities, a good overview on which parts of a general working population will be protected or endangered by a current work design status is being provided. Human oriented coordinate systems are usually applied at shop floor level, but may be also used in the tech- and design-centers when experienced users are available. Workplace oriented systems are usually applied for planning analysis, as the use of individual anthropometric or biomechanical / physiological data is not required. Workplace oriented systems tend to design work situations for the majority of an intended user population and usually protect 85 – 90% of this population. Integrated systems gap the bridge in between the two described approaches and allow a conversion from one system type into another one.

All of the IAD methods described in the following aim onto the evaluation of physical workload only. With respect to the time needed for the scoring, they are regarded as screening tools. The methods address primarily to industrial and product and pro-

cess engineers with a good background in ergonomics. With respect to the quality and quantity of parameters considered, the tools operate at a level of accuracy that is comparable to traditional 2nd level analysis tools.

2.1 Group IAD-BKA, NPW, AAWS, EAWS, IAD-BkB

The development of these tools started almost 20 years ago. IAD-BKA (Schaub 2002) was the first IAD-tool to be developed. It was tailored for an employers' liability insurance association (BGFE) and served to support the superintendents in their extended prevention mission on muscular-skeletal disorders.

The New Production Worksheet (NPW) was initiated by General Motors Europe (GME) and realized in cooperation with Adam Opel AG (Schaub & Dietz 2000). It is used in the Tech Center in Rüsselsheim as well as in many German and European GM plants.

The experience gathered with IAD-BkA, NPW and DC lead to the development of the Automotive Assembly Worksheet (AAWS) as a consolidated worksheet version for the application in automotive industries. The AAWS is used by some German car manufacturers either in its original or in an adapted version.

All of the methods mentioned cover the areas of working postures with low physical effort (less than 30-40N or 3-4kg respectively), manual materials handling and action forces. They offer compliance with major German and international methods in this field and cover the regulations set up in ISO 11226 and the relevant parts of the ISO 11228 and EN 1005 series.

In order to broaden the focus of the IAD tools beyond an automotive application the EAWS (European Assembly Worksheet) and IAD-BkB (evaluation of physical workload) were developed (Schaub & Ghezel-Ahmadi 2007). These methods were supplemented by a section that allows the evaluation of repetitive loads of the upper limbs. They offer major compliance with EN 1005-5 and ISO 11228-3, which are based on experience of internationally accepted methods in this field (e.g. OCRA). It addresses to the electric industry and automotive suppliers.

IAD-BkB was developed for the calculation of extra pays due to increased physical workload with respect to the ERA labor contract at Daimler and the metal and electric industries in Baden-Württemberg.

The basic philosophy of all methods mentioned is that points are granted for ergonomically unfavorable conditions. Depending on the total score, a risk level is associated to the task analyzed. Figure 1 shows an example for the evaluation of working postures within the EAWS.

2.2 DesignCheck (DC)

DesignCheck was developed in cooperation with Porsche AG (Schaub et al.1999). The front page offers an overall risk estimation of the task analyzed with respect to an anthropometrical and physiological / biomechanical axis (see Figure 2).

DC is adapted to the anthropometric data of the European population (neutral to gender). The physiological / biomechanical axis considers loads of the whole body and the upper limbs. A third section considers physical workload caused by workplace or environmental factors.










European Assembly Worksheet (V 1.2.3)											
Basic position as well as postures of trunk / arms			(per minute / shift)					Sum of lines	Postures		
(incl. loads / action forces of 30-40N)			duration of evaluation period for static or high frequent postures / movements of trunk / arms [% , sec/min, min/8h]						Trunk rotation ¹⁾	Trunk lat. Bending ¹⁾	Far reach ²⁾
for durations of evaluation periods $\neq 60s$ the scores in lines 1-17 are corrected as follows:			5..... 10..... 20..... 33..... 67 ... >67 3..... 6..... 12..... 20..... 40 ... >40 25... 50..... 100..... 160..... 320 >320								
duration of evaluation period = (duration of posture or movement) $\times 60 +$ duration of evaluation period [sec]									level 0-5 level x time	time 0-3 level x time	time 0-2 level x time
Standing											
1		Upright standing & walking slightly bent forward slightly bent backward	0	0	1	1	2				
2		standing, no body support (for other restrictions see Extra Points)	1	2	4	8	13				
3		Bent forward (20-60°) dto. with suitable support	3	7	12	23	40				
4		Strongly bent forward >60° dto. with suitable support	5	12	21	38	63				
5		upright arms at / above shoulder level	5	12	21	38	63				
6		upright arms above head level	8	19	33	60	100				
Sitting											

Figure 1: Extract from the EAWS working posture evaluation section. Load points are granted with respect to the posture itself and the time spent in this posture

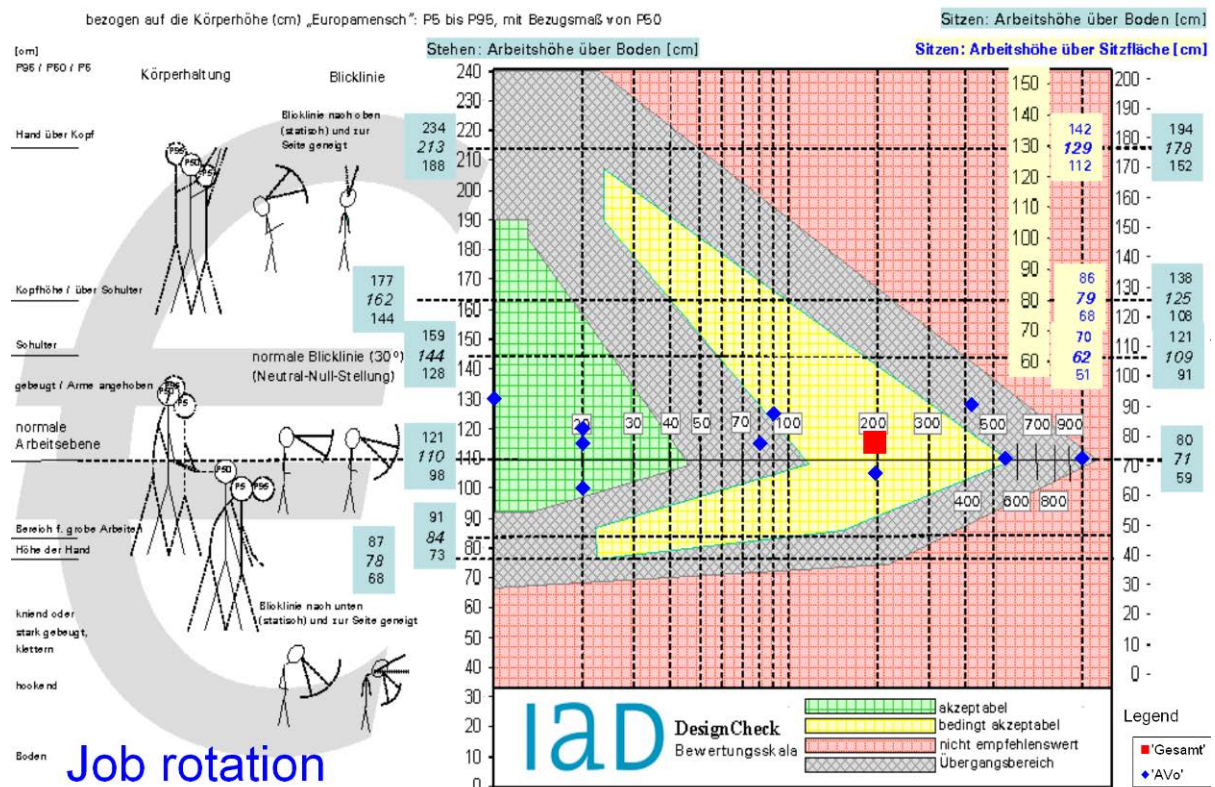


Figure 2: Front page of a DesignCheck evaluation. The blue rhombs evaluate the various tasks of the workstations regarded; the red square represents the time and working height weighted average of all task evaluations

2.3 MTMergonomics

MTMergonomics was and is being developed by the German and the International MTM association (Schaub et al. 2004). It uses MTM-UAS or MTM-MEK analysis as a basis for an ergonomic risk assessment. Information on physical workload that cannot be extracted from the analysis itself is entered by means of an “ergo-code generator” (see Figure 3). The “ergo-code” is finally scanned and may be evaluated on basis of the AAWS or EAWS. Other evaluation methods may follow in the future.

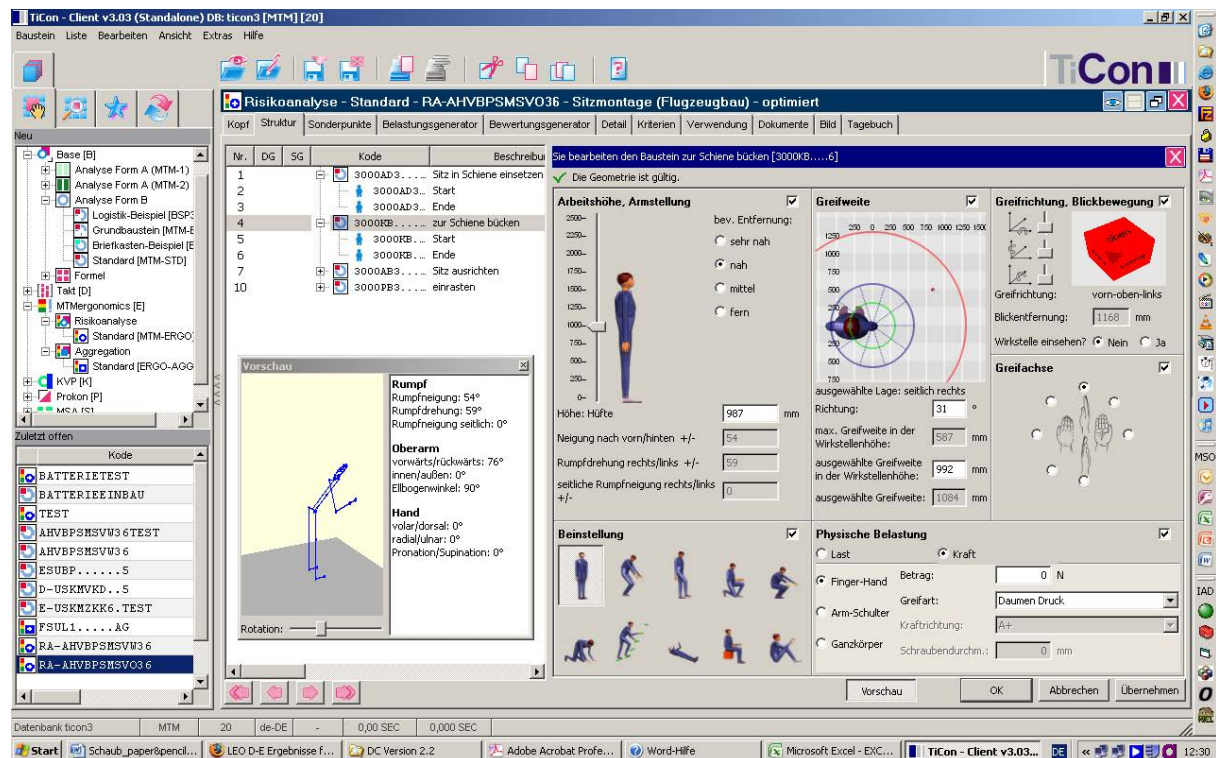


Figure 3: MTMergonomics ergo-code generator that allows the definition of a worker's physical workload based on a MTM analysis

4. Literature

1. Schaub, K. 2002, Evaluation of physical workload by means of IAD-BkA. In: 2nd International Conference on Occupational Risk Prevention, 20 – 22 Februar 2002, Gran Canaria Island, CD-Rom, 14 p.
2. Schaub, K. & Dietz, C. 2000, Ergonomic Vehicle Development Process and Production at Adam Opel AG (GM-Europe) with Respect to European Legislation. In: Proceedings of the IEA 2000/HFES 2000 Congress, p. 5-759 – 5-762.
3. 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, 601-604.
4. Schaub, K., Winter, G. & Landau, K. 1999, Design Check - A Pilot Study for the Evaluation of Assembly Tasks in Automotive Industries. In: Proceedings of the International Conference on Computer-Aided Ergonomics and Safety, Barcelona, Spain, 19 – 21. May 1999.
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, 175 – 199.

Whole shift workload assessment in field using the ambulatory CUELA system

Rolf ELLEGAST and Ingo HERMANN

BGIA - Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung, Alte Heerstr. 111, D-53757 Sankt Augustin

Abstract: Ambulatory assessment of physical workloads in field is necessary to investigate the risk of work-related musculoskeletal disorders (MSD). Since more than ten years the BGIA is developing and using the motion and force capture system CUELA (computer-assisted recording and long-term analysis of musculoskeletal load), which is designed for whole-shift recordings and analysis of work-related postural and mechanical loads in ergonomic field analysis. The purpose of this article is to give an overview of the actual state of development and some applications of the system.

Keywords: ambulatory workload assessment, motion capturing, CUELA, whole shift field analysis.

1. Introduction

At many workplaces, musculoskeletal workloads due to manual material handling, awkward postures or repetitive movements can be commonly observed. Observational methods are well known for workload assessment in field. The problem with these methods is that the description of risk factors (e. g. postural workloads) is too broad to provide accurate information for an appropriate assessment. Therefore, direct measurements should be preferred for more accurate and less time-consuming workload data acquisition and assessment. The BGIA (Institute for Occupational Health and Safety of the German Social Accident Insurance) is developing and using a measuring system known as CUELA (computer-assisted recording and long-term analysis of musculoskeletal load) for more than 10 years as a means of quantifying musculoskeletal workloads even in complex work processes and to check the effectiveness of already initiated measures to improve the ergonomics of the work process.

2. Methods

The CUELA system consists of accelerometers, gyroscopes and potentiometers, which can directly be attached to the worker's clothes, and a small portable data-logger (sampling rate 50 Hz, 168 channels). The basic CUELA system enables a motion capturing of the trunk (3D) and of the lower extremities in the sagittal plane (Ellegast 1998; Ellegast and Kupfer 2000) (see figure 1). An extension of the CUELA system also provides a 3D motion recording of the upper limb (shoulder blade, shoulder joint, elbow, forearm and wrist), the inclination of the pelvis and the head (Ellegast et al. 2004; Hoehne-Hückstädt et al. 2007). As the system runs on a commercially available miniature battery, CUELA is specifically designed for field analysis at mobile workplaces.

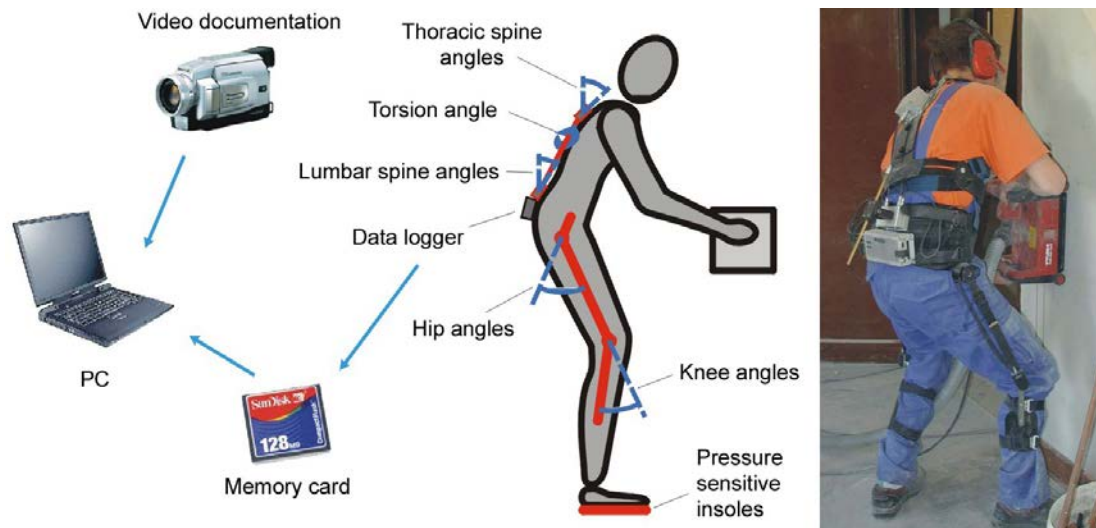


Figure 1: Principal setup of the CUELA system (basic version)

The synchronous registration of ground reaction forces is realized using foot pressure sensitive insoles. Each insole consists of 24 piezo-resistive hydro cells. From the ground reaction forces, it is possible by using a biomechanical model to detect the handled load weights even during dynamic movement (Ellegast 1998).

The measuring system, which can be fitted at the workplace in about 20 minutes, weighs approximately 3 kg. It can be adjusted to body size and height. Employees wearing the system can go about their work in the usual way.

The measurements are additionally documented on video. By synchronizing the video recording with the measured data, it is possible to match the load readings with the actual work situation. Immediately after measurement the data can be placed into specially developed CUELA software and displayed (see figure 2).

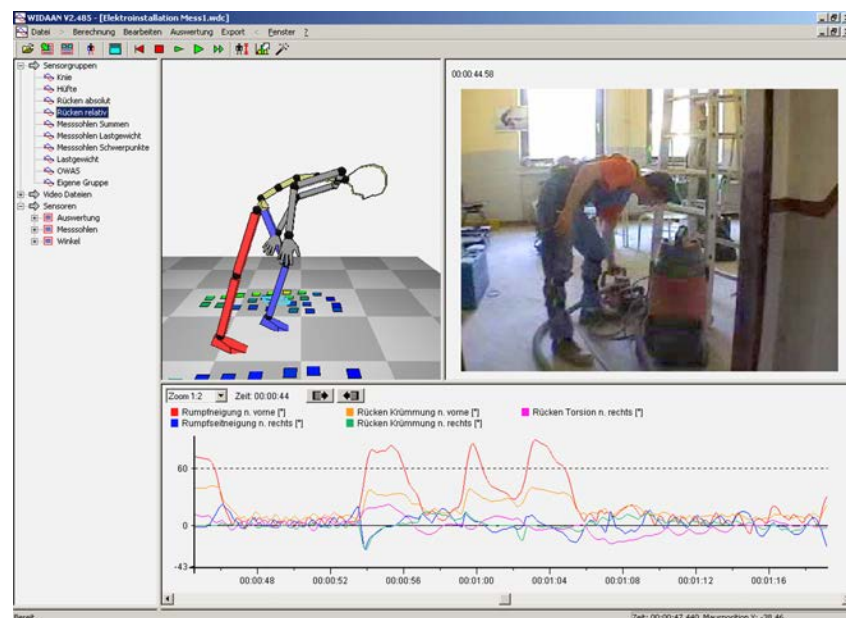


Figure 2: Data visualization and assessment with the CUELA software, including 3D puppet, video and time graphs

Using this software it is possible to display body postures at any given point with the aid of a 3-dimensional computer-animated figure and a time-dependent graph of

the measured data. At the same time, the associated work situation is automatically illustrated in the video sequence.

After measurement it is possible to mark any actions or situations to highlight certain work activities and have them evaluated. The CUELA software automatically issues a series of statistical evaluations to give a quick impression of the quantified risk factors. Body angles and postures are analyzed with reference to the literature and some relevant standards:

- Extreme body angle positions, asymmetrical posture patterns (assessed in accordance with ISO 11226, EN 1005-4 and literature (e. g. Drury 1987))
- Static postures (assessed in accordance with EN 1005-1)
- Repetitive movements (assessed in accordance with RULA, OCRA (Hoehne-Hückstädt et al. 2007) and other literature (Silverstein et al. 1986; Kilbom 1994))

For each measurement, it is also possible to have an OWAS (Ovako Working Posture Analysing System (Karhu 1977)) ergonomic analysis carried out. The software automatically identifies the work postures classified in accordance with OWAS in connection with the handled weights and evaluates them statistically. As a result, the user receives a list of priorities that distinguishes between four risk classes (action categories).

For the biomechanical assessment of manual load handling and to estimate the associated load on the spine, the measured data can be entered as input data into biomechanical human models (Ellegast 1998). Apart from the measured body/joint movements and forces, the model also requires the subject's data, e.g. body height, length of limbs and body weight, as input variables. From this, force and torque vectors are calculated at the model's joints. For estimation of the loading on the lumbar spine, an interface to the biomechanical model "The Dortmunder" (Jäger et al. 2000) exists.

CUELA enables also a synchronous application and data acquisition with other physical and physiological measurement devices: 3D force handles (e. g. Glitsch et al. 2004), force gloves, ECG, EMG (Glitsch et al. 2005) and whole body vibration.

An interface of the CUELA software to the database OMEGA MSB allows for collecting workload data from occupational practice for evaluating workplaces and developing suitable preventive measures (Ditchen et al. 2004).

3. Results

The effective CUELA method has been successfully employed in the last few years in reducing health risks at numerous German workplaces in a variety of industries (including the building industry, the retail trade, the energy industry, electrical industry, metalworking industry, chemical industry, textile and leather industry and nursing). Both in consultations with the companies themselves and in research projects, targeted measures have been initiated to prevent excessive loading of the musculoskeletal system at the workplace. The quantification of the loading situation before and after ergonomic modifications facilitates a precise control of the effectiveness of such preventive measures. The findings from the measurements have in some cases been converted into simple instructions with practical tips for the persons concerned.

Some examples for projects including the application of CUELA are listed in the following:

- ergonomic intervention study at sewing workplaces (Ellegast et al. 2004)
- assessment of pushing and pulling of trolleys aboard aircrafts (Glitsch et al. 2004; Glitsch et al. 2007)
- redesign of crane operator workplaces (Ditchen et al. 2005)
- whole shift postural workload assessment in different nursing workplaces (Freitag et al. 2007)
- assessment of physical activity at workplaces
- combined assessment of posture and whole body vibration
- comparative assessment of dynamic office chairs

4. Literature

1. Ditchen, D. & Ellegast, R.P. 2004, Development of a database for the analysis of and research into occupational strains on the spinal column. In: P.T. McCabe (Edt.), Contemporary Ergonomics 2004. Boca Raton, Florida: CRC Press LLC, 202-206.
2. Ditchen, D., Ellegast, R.P., Herda, C. & Hoehne-Hückstädt, U. 2005, Ergonomic intervention on musculoskeletal discomfort among crane operators at waste-to-energy-plants. In: P.D. Bust & P.T. McCabe (Eds.), Contemporary Ergonomics 2005. London: Taylor & Francis, 22-26.
3. Drury, C.G. 1987, A Biomechanical Evaluation of the Repetitive Motion Injury Potential of Industrial Jobs, Seminars in Occupational Medicine, 2, 41-49.
4. Ellegast, R.P. 1998, Personengebundenes Messsystem zur automatisierten Erfassung von Wirbelsäulenbelastungen bei beruflichen Tätigkeiten, BIA-Report 5/98.
5. Ellegast, R.P. & Kupfer, J. 2000, Portable posture and motion measuring system for use in ergonomic field analysis. In: K.Landau (Edt.), Ergonomic Software Tools in Product and Workplace Design. Stuttgart: Ergon, 47-54.
6. Ellegast, R., Herda, C., Hoehne-Hückstädt, U., Lesser, W., Kraus, G. & Schwan, W. 2004, Ergonomie an Näharbeitsplätzen. BIA-Report 7/2004, <http://www.hvbg.de/d/bia/pub/rep/rep04/bia0704.html>.
7. Freitag, S., Ellegast, R., Dulon, M. & Nienhaus, A. 2007, Quantitative measurement of stressful postures in nursing professions, Annals of Occupational Hygiene, 51, 385-395.
8. Glitsch, U., Ottersbach, H.J., Ellegast, R., Hermanns, I., Feldges, W., Schaub, Kh., Berg, K., Winter, G., Sawatzki, K., Voß, J., Göllner, R., Jäger, M. & Franz, G. 2004, Untersuchung der Belastung von Flugbegleitern beim Schieben und Ziehen von Trolleys in Flugzeugen. BIA-Report 5/2004, <http://www.hvbg.de/d/bia/pub/rep/rep04/bia0504.html>.
9. Glitsch, U., Hermanns, I., Ellegast, R.P., Schüler, R. & Herrmann, L. 2005, EMG signal processor module for long-term movement analysis. In: W. Kalender, E.G. Hahn & A.M. Schulte (Hrsg.), Berichtsband Biomedizinische Technik 50, Supplement 1, Part 2. Berlin: Fachverlag Schiele & Schön, 1440-1441.
10. Glitsch, U., Ottersbach, H. J., Ellegast, R., Schaub, K., Franz, G. & Jäger, M. 2007, Physical workload of flight attendants when pushing and pulling trolleys aboard aircraft, International Journal of Industrial Ergonomics, 37, 845-854.
11. Hoehne-Hückstädt, U., Herda, C., Ellegast, R., Hermanns, I., Hamburger, R. & Ditchen, D. 2007, Muskel-Skelett-Erkrankungen der oberen Extremität und berufliche Tätigkeit, BGIA-Report 2/2007, <http://www.hvbg.de/d/bia/pub/rep/rep04/bia0207.html>.
12. 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 & W. Schneider (Hrsg.), Prävention von arbeitsbedingten Gesundheitsgefahren und Erkrankungen. Leipzig: Monade-Verlag, 105-124.
13. Karhu, O., Kansil, P. & Kuorinka, I. 1977, Correcting working postures in industry: A practical method for analysis, Applied Ergonomics, 8, 199 – 201.
14. Kilbom, Å. 1994, Repetitive work of the upper extremity: Part I – Guidelines for the practitioner, International Journal of Industrial Ergonomics, 14, 51-57.
15. Silverstein, B. A., Fine, L. J. & Armstrong, T.J. 1986, Hand wrist cumulative trauma disorders in industry, British Journal of Industrial Medicine, 43, 779-784.

Virtual simulations and ergonomics analysis for automotive assembly task optimization

Massimo Di PARDO¹ and Gennaro MONACELLI²

¹ CRF, Strada Torino 50, I-10043 Orbassano (TO)

² Elasis, Via ex aeroporto s.n., I-80038 Pomigliano (NA)

Abstract: In this paper, the authors show a new method for process design with the final goal to optimize workcells using Digital Human Models (DHM), Virtual Reality (VR) tools and Ergonomics Methods. In fact, it is possible to simulate manual assembly tasks checking human movements and postures in order to evaluate general feasibility of the task and risks of muscle-skeletal pathologies from incongruous postures also for a wide variety of users and operative solutions. Benefits are very important because the new method allows a preliminary analysis of the workplace in the first moments of the product/process development using only virtual models of the future assembly line. Finally, the authors show an application of the new method to an interesting case study. The simulations suggest new solutions which bring to a more ergonomic and efficient task.

Keywords: Digital Human Modeling, Virtual Reality, Ergonomic analysis.

1. Introduction

In the last years, the automotive manufacturing scenario has changed. Many OEM try to have a very large quantity of products with different characteristics in order to better meet customer's requests. This flexibility needs to lower cost investments so many operations on the assembly lines tends to become manual operations. On the other side, new requests on process organization have been imposed by internal and legislative norms on safety and health, continuous improvements on product quality, continuous improvements on productivity, etc. so many new aspects needs to be evaluated at design level to avoid configurations too expensive or not possible for the production assembling line in terms of costs or legislative requests (Miller & Park 1998).

In this paper, the authors describe how virtual simulations can be extremely useful to optimize work activity for health protection and for risk prevention as well as for processes efficiency improvement. The final goal of this approach is to perform ergonomics and feasibility analysis of an assembly task, by the use of the digital human models and Virtual Reality tools, in the first stage of a new project development, when it is not possible to see the real physical operation on the assembly line (Albers & Abshire 1998; Geyer & Rösch 2001; Stephens & Godin 2006).

For motion simulations, two different solutions are possible: simulations based on analytical criteria and strategies or motion capture and data elaboration (Raschke et al. 1998). The research community, seems to prefer a mixed approach. For ergonomics analysis, some methods are already available in the virtual manikins so engineers can evaluate the comfort using the virtual simulation. Unfortunately, many of the available ergonomic indices are not fully appropriate for automotive assembly

operations (most of the methods are not “full body” and/or are not focused on work activity characterized by an elevate frequency of actions). Moreover it is a task of the user to recognize critical postures and to report them to the software.

In the new proposed approach, the authors want to use digital humans and VR tools to simulate human movements (Di Prado 2006; Sessa et al. 2006). Innovative aspects are focused on the development of a movement’s database specific for assembly tasks and on new tools and methods to support posture recognition according to ergonomics standards more appropriate for automotive assembly operations.

2. Assembly Task Simulation in an augmented immersive virtual environment

To simulate an assembly task in a VR Laboratory, a special mixed reality environment has been developed. In this environment, the user will be subjected to the visual and tactile stimuli which are present in the real physical workplace and will try to perform the assembly task by interacting with virtual objects. To achieve this goal a preliminary work of a virtual work-cell reproduction must be carried-out. This means to collect product and process CAD models by the Product Data Management (PDM) and to arrange them according to the real lay-out and situation which will be effectively reproduced into the plant. Tools and methods typically used in computer graphics applications must be applied on the CAD models in order to have a realistic simulation.

The visual stimuli are instead simulated by means of an HMD (Head Mounted Display) worn by the user. In the same way, his body can be “immersed” into the virtual scene by using CyberGloves (to reproduce hands) and a real time (optical) tracking system.

Using the above described Virtual Environment, the user is immersed in the virtual assembly line as a digital human so he looks at and moves virtual objects using Jack’s eyes and hands. Simple physical mock-ups can be possibly used in order to give tactile feedbacks. The virtual scene will also be visible by a panel of experts which, at the same time, can evaluate the operation feasibility having the overview of the most critical tasks (see Figure 1).

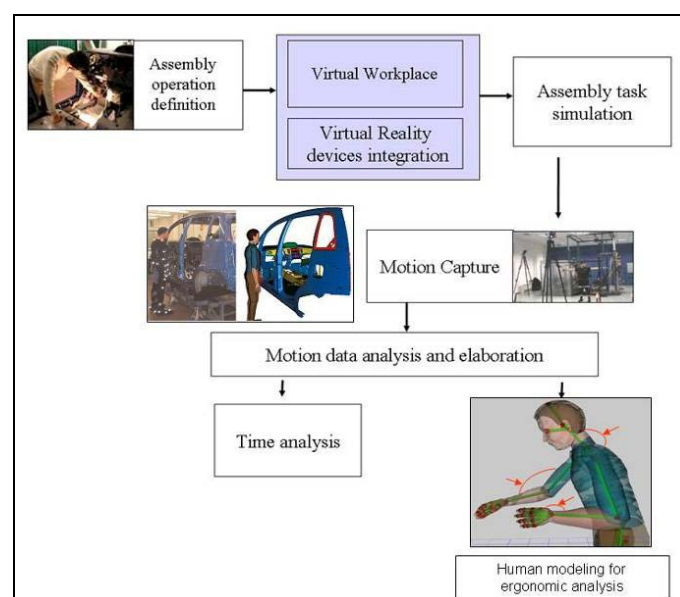


Figure 1: Virtual environment scheme

Benefits are noticeable (Laring et al. 2005):

- evaluate visibility, reach-ability and grasping of component parts considering the true hand shape and size;
- verify the possibility for the operators to use the appropriate tools;
- foresee the worker ability to support these efforts according to the anthropometric characteristics;
- highlight the risk of damages every time component parts are lifted and handled.

3. Posture recognition and ergonomic analysis

Once the simulation has been carried out and all the feasibility checks have been completed, the same motion data can be used for ergonomic analysis. For this reason a posture recognition tool has been developed based on the combination of standard and new ergonomic indices in order to have a suite of instruments more adequate to analyze automotive assembly tasks.

The tool is fully integrated into the virtual manikin Jack and it is able to support critical posture recognition checking the manikin's joints. Obviously, methodological development has been necessary because the manikin's skeleton is only an approximation of the human body. So the authors have developed functions and methods to translate the manikin's joints to those joints of the human body directly used by the ergonomic protocols to create the ergonomic index.

During the simulation, if the target joint angles get over a predetermined critical value, interested body segments are highlighted; incongruous postures are stressed by red, non comfortable ones by yellow (see Figure 2). This information, coupled with the posture permanence times, allow calculating the final ergonomic score.

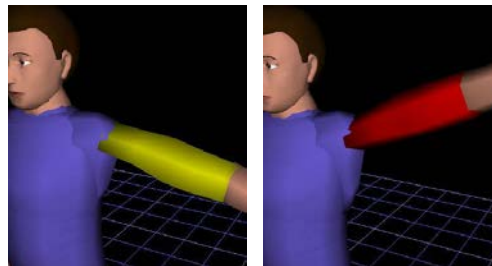


Figure 2: Critical and non comfortable posture recognition tool

Advantages:

- simulation reliability improvement (experts are supported, in real time, during the simulation)
- analysis performance improvement (comparison of indices and selection of the best solution)
- time analysis reduction

4. An application on a case study

To validate the new proposed method, a laboratory case study has been conducted on an interesting task: assembly task inside the carbody. For this reason a virtual

simulation has been performed and the results have also been correlated to an experimental setup.

First of all, according to the above method, the virtual working cell has been built. Then, a virtual human has been inserted into the virtual environment simulating the assembly task in order to evaluate the situation with a classical approach. The manikin's movements have been evaluated and the most critical postures during the simulation have been analyzed with ergonomics indices.

The same operation has been conducted in the immersive environment in the laboratory work-cell with an operator wearing VR devices (tracking system, Head Mounted Display and CyberGloves). The sequence of movements and the differences in terms of ergonomics indices were analyzed and evaluated (see Figure 3). Results have shown a more realistic manikin movement and more affordable ergonomic analyses. Further solutions to improve comfort of work postures were also evaluated by the repositioning of the highness of the work zone and by the repositioning of the components to be assembled respect to the planned situation.

The case study on the VR based approach has so shown that it is possible :

- to verify the method of work operation carried by the operator on the base of the process method planned;
- to perform the ergonomic analysis by support of the ergonomics tools embedded in the virtual manikin as well as based on specific procedures based on observation and calculation;
- to reach a first hypothesis of workplace optimization (in terms of lay out and tools placements)
- to develop a good platform for training of operators and for detecting alternatives of methods operation as well as for highlighting possible mistake of worker's methods application.

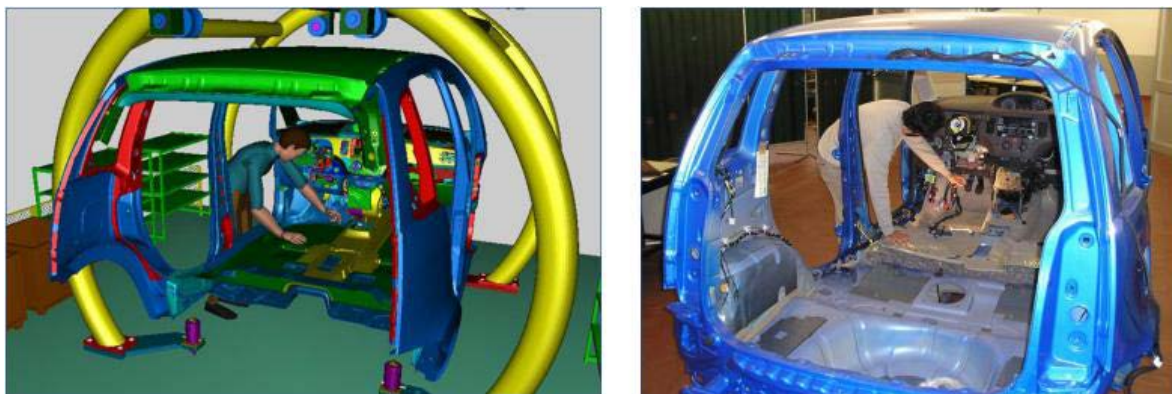


Figure 3: *Virtual and physical work-cell*

5. Conclusion

The potentialities of this technique are very high. It is possible to apply the methodology developed in different situations and during the product/process development having several advantages:

- The evaluation of critical aspects of workplaces in the plants makes possible optimization of the methods as well as tools and devices for work activity.
- The possible storage of sequences of operations in a dedicated database makes possible an analysis in different steps of the process development coupling

the field experiences to the simulation.

- Ergonomics evaluations can be anticipated reducing critical work-cells in the plant where changes are very expensive and difficult to do.
- The training phase can be carried out on the base of the optimised methods by the use of movies simulated and by the workers involvements in simulated tasks.

Good results obtained till now highlight the advantages of using the VR and the simulation tools in cooperation with simplified mock up (mixed reality). More experiences and an extended application of these techniques is strongly recommended for high quality design of product and process and to reduce time and cost in optimization on assembling line when already built and working on.

6. Literature

1. Albers, K. & Abshire, K. 1998, Virtual Human Modeling for Manufacturing and Maintenance, SAE Paper no. 981311.
2. Di Pardo, M. 2006, Simulazione del Posto di Lavoro: Analisi Ergonomica – 1. parte, Competività e Innovazione, CRF-Elasis magazine, no. 2 – 2006.
3. Geyer, M. & Rösch, B. 2001, Human Modeling and e-Manufacturing, SAE Paper no. 2001-01-2119.
4. Laring, J., Christmansson, M., Durik, T., Sundin, A., Sjöberg, H., Ortengren, R., Hanson, L., Lamkull, D., Davidsson, A., Falk, A.-C. & Klingstam, P. 2005, Simulation for Manufacturing Engineering (ViPP), SAE Paper no. 2005-01-2696.
5. Miller, D. & Park, Y. 1998, Simulation and Analysis of an Automotive Assembly Operation, SAE Paper no. 982117.
6. Raschke, U., Schutte, L. & Volberg, O. 1998, Control Strategies for Simulating Human Movement, SAE Paper no. 981306.
7. Sessa, F., Laiso, M. & Monacelli, G. 2006, Simulazione del Posto di Lavoro: Analisi Ergonomica – 2. parte, Competività e Innovazione, CRF-Elasis magazine, no. 2 – 2006.
8. Stephens, A. & Godin, C. 2006, The Truck that Jack Built: Digital Human Models and Their Role in the Design of Work Cells and Product Design, SAE Paper no. 2006-01-2314.

Kooperationsprogramm zu normativem Management von Belastungen und Risiken bei körperlicher Arbeit (KoBRA): Entwicklung eines Netzwerks

Andrea SINN-BEHRENDT, Karlheinz SCHAUB, Kazem GHEZEL-AHMADI,
Michaela KUGLER und Ralph BRUDER

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

Kurzfassung: Es soll ein Konzept zur frühzeitigen Einbindung der Ergonomie und des fähigkeitsgerechten Mitarbeitereinsatzes schon in der Planungsphase als Möglichkeit der Primärprävention sowie dessen Transfermöglichkeit auch in kleinere Unternehmen (KMU) durch die Bildung eines Kompetenznetzwerks vorgestellt und zur Diskussion gestellt werden. Insbesondere die Bedarfe dieser Zielgruppe sowie die Kompetenzen verschiedener inner- und außerbetrieblicher Akteure auf dem Gebiet der Prävention gilt es zu konkretisieren.

Schlüsselwörter: Kompetenznetzwerk, konzeptive Ergonomie, Primärprävention, muskulo-skelettale Erkrankungen.

1. Hintergrund

In Forschungsprojekten unterschiedlichster Disziplinen wurden und werden erhebliche Anstrengungen unternommen, Wege zu erforschen und zu erproben, wie Muskel-Skelett-Erkrankungen bzw. die kausal relevante Belastung zu reduzieren sind. Krankheitsprävalenz, resultierender Arbeitsausfall und Behandlungsbedarf liegen jedoch weiterhin auf hohem Niveau. Muskel-Skelett-Erkrankungen führen die Krankheitsstatistiken in den Industriestaaten an. Mehr als ein Viertel des Arbeitsunfähigkeitsvolumens geht auf Erkrankungen des Skeletts, der Muskeln und des Bindegewebes zurück.

Nur ein geringer Teil der Arbeitsunfähigkeiten ist auf Arbeitsunfälle und Berufskrankheiten im Sinne der Berufskrankheitsverordnung zurückzuführen, jedoch werden allein durch die Diagnosegruppe „Erkrankungen des Skeletts, der Muskeln und des Bindegewebes“ ca. 27 % der Arbeitsausfälle verursacht (BMA 2001). Auch bei Rentenzugängen wegen verminderter Erwerbsfähigkeit war die Relevanz dieser Diagnosegruppe mit mehr als 25 % der Fälle am höchsten (BMA 2001).

Außerberufliche Aktivitäten und individuelles Verhalten spielen im Hinblick auf Störungen und Erkrankungen des Muskel-Skelett-System eine große Rolle. Allerdings schätzt man Ursachen, die dem Arbeitsumfeld zugeschrieben werden, immerhin auf bis zu 33%. Außerdem müssen am Arbeitsplatz auch Mitarbeiter mit schicksalhaften Erkrankungen und daraus resultierenden Einschränkungen produktiv und gesundheitsförderlich arbeiten können. Grund genug, neue, integrative Wege der betrieblichen Primärprävention in einem Pilotprojekt zu erproben. Eines der in diesem Zusammenhang vom Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS) geförderten und von der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) fachlich begleiteten Projekte ist das hier vorgestellte Kooperationsprogramm.

2. Vorgehensweise

2.1 Konzeptive Ergonomie als Instrument der Primärprävention

Anliegen der Arbeitswissenschaft ist es, Humanität und Wirtschaftlichkeit in Einklang zu bringen. Eine Ergonomie, die häufig noch korrektiv nach entsprechenden Belastungsbeurteilungen, erhöhter Fluktuation oder Fehlzeiten, dem Ausreten (arbeitsbedingter) gesundheitlicher Beschwerden eingesetzt wird, kann diesen Anspruch nur schwer erfüllen.

Mit dem Anstieg der Aufgabenkomplexität im Arbeits- und Gesundheitsschutz werden auch neue Transferwege zur Information betrieblicher Akteure aus dem Bereich des Arbeits- und Gesundheitsschutzes benötigt. Um Reibungsverluste an den Schnittstellen zu reduzieren, bedarf es hierzu einer bereichsübergreifenden „Sprache“, die über die gesamte Prozesskette wirkt. Bis heute fehlt es aber noch in vielen Unternehmen (insbesondere KMUs) an Methoden und Konzepten, mit denen die Integration von nachhaltigen Strukturen eines präventionsorientierten Arbeits- und Gesundheitsschutzes gelingt. Gerade betriebliche sowie auch überbetriebliche Akteure müssen mit einfach zu handhabenden Methoden und Steuerungsinstrumenten ausgerüstet sein, die sie bei der Neuorientierung ihres Aufgabengebietes unterstützen.

Langfristiges Ziel von KoBRA ist es daher, eine konzeptive Ergonomie bereits im Produktentstehungs- und Produktionsplanungsprozess zu verankern und darüber hinaus mit adäquaten Instrumenten und Prozessen den fähigkeitsgerechten Mitarbeiterinsatz und die mitarbeitergerechte Arbeitsgestaltung zu fördern. Einen ersten Input hierfür liefern Teilprojekte, die mit fünf beteiligten Unternehmen (groß- sowie mittelständische Betriebe aus dem Automobil- und Elektrobereich) je nach Bedarf auf unterschiedlichen Unternehmensebenen umgesetzt werden.

2.2 Vom Einzelexperten zum (über)betrieblichen Kompetenzzentrum

Eine stärkere Verankerung von Primärprävention in betriebliche Prozesse setzt einerseits voraus, dass praxismgerechte Instrumente zur Verfügung stehen, die eine frühzeitige Schwachstellenanalyse zulassen (s. Schaub & Ghezal-Ahmadi 2007; Schaub & Winter 2002; Sinn-Behrendt et al. 2004). Andererseits müssen Vorgehensweisen definiert und beschrieben sein, wie bzw. wann solche Instrumente zum Einsatz kommen, was aus deren Ergebnissen abzuleiten und wer in die Prozesse einzubinden ist. Dazu müssen entsprechende Strukturen vorhanden sein, die einen schnellen Informationsaustausch und -abgleich ermöglichen. Möglichkeiten und dadurch entstehende Bedürfnisse in Großunternehmen und KMU können aus verschiedensten Gründen jedoch sehr unterschiedlich sein.

Größere Unternehmen können häufiger auf innerbetriebliche Kompetenzen zurückgreifen. Betriebliche Akteure im Bereich Prävention (Ergonomie, Arbeitsmedizin u. Arbeitssicherheit etc.) sind durch gesetzliche Rahmenbedingungen bereits teilweise vernetzt und werden durch außerbetriebliche Akteure wie Betriebskrankenkassen bei Bedarf unterstützt. Von Interesse ist, welche Kompetenzbedarfe zusätzlich außerbetrieblich abgedeckt werden müssten bzw. könnten. Interne Ressourcen kleinerer Unternehmen sind meist stärker begrenzt und deshalb bei Präventionsfragen vor allem auf Beratung durch außerbetriebliche Akteure angewiesen. Aufgrund der Breite des Themenfeldes ist das aber durch einen Akteur bzw. eine Institution allein kaum abdeckbar, zumal vorhandenes Wissen aus anderen Projekten häufig erst noch systematisiert und transferierbar gemacht werden muss.

In zwei, im Rahmen einer Machbarkeitsstudie Ende 2006 durchgeführten Expertenworkshops am IAD wurde daher angeregt, Kompetenzen verschiedener Institutionen in einer Art Kompetenzzentrum zu vernetzen. KoBRA will diesbezüglich Vorarbeit leisten und in einem zunächst projektbezogenen Netzwerk unter Beteiligung der Unternehmen aus den Teilprojekten, von Vertretern kleiner und mittlerer Betriebe sowie Vertretern von Supportpartnern und wissenschaftlichen Institutionen die Möglichkeiten und strukturellen Notwendigkeiten einer solchen Vernetzung erproben.

So nützlich die Entwicklung eines Netzwerks gesehen wird, wirft sie jedoch auch Fragen auf, die im Rahmen des GfA-Workshops diskutiert und weiter geklärt werden sollen.

3. Entwicklung eines Netzwerks

3.1 Netzwerkpartner und -nutzer

Ein Informations- und Beratungsnetzwerk braucht kompetente Partner, deren Expertenwissen sinnvoll gebündelt, auf die unterschiedlichen Bedarfe angepasst und abrufbar gemacht wird. Denkbar wären unter anderem Vertreter von Krankenkassen, des nationalen Arbeitsschutzes (BAuA), der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV) bzw. einzelner Unfallversicherungsträger (Berufsgenossenschaften), Industrie- und Handelskammern (IHK), Innungen, Sozialpartner, das Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (BGIA) und wissenschaftliche Institute. Gleichzeitig sollten bestehende Plattformen, wie INQA, REFA- oder RKW-Netzwerk, weit möglichst genutzt werden. Die Vielzahl möglicher Netzwerkpartner führt aber auch zu der Frage, wie umzugehen ist mit konkurrierenden Interessen, getrennten Zuständigkeiten etc. Würde es beispielsweise akzeptiert, in einem ersten Schritt nur einzelne Ansprechpartner einer Interessengruppe zu beteiligen?

Die bisher genannten Partner lassen sich weitestgehend als Supportpartner charakterisieren. Zumindest für diese erste Etappe wird aber auch eine aktive Beteiligung der eigentlichen Netzwerknutzer, nämlich der Unternehmen angestrebt und dies bewusst betriebsgrößen- und branchenübergreifend. Neben Input, auch hinsichtlich eventueller Supportbedarfe, versprechen wir uns davon auch Aufschluss bezüglich der Fragen, ob kleinere Unternehmen nicht doch etwas von größeren lernen könnten (und umgekehrt), und ob das Kompetenznetzwerk selbst vielleicht von größeren Unternehmen lernen kann. Dass größere und mittlere Unternehmen ihrerseits an einem Austausch untereinander und mit Supportpartnern Interesse haben, zeigt die Beteiligung an dem seit Mitte 2007 bestehenden automobilspezifischen Arbeitskreis zu ergonomischen Fragestellungen, AutoErg (www.autoerg.de). Kleine und mittlere Betriebe dagegen sind für eine solche Netzwerk-Arbeit zunächst schwer zu erreichen. Woran das liegt und wie die Strukturen so aufgebaut werden können, dass sie auch von kleineren Betrieben angenommen werden, ist eine weitere noch zu klärende Frage.

3.2 Support-Informationssystem

Ein Kompetenznetzwerk im beschriebenen Sinne sollte auf schnellem Weg Informationen liefern und sich dabei auf allen Präventionsebenen kompetent zeigen, wenn auch mit Betonung auf der primärpräventiven Ebene. Dafür ist eine Aufberei-

tung und Systematisierung des vorhandenen Wissens nötig. Allein die bei der BGIA, einem der Forschungsinstitute der DGUV, dokumentierten Unternehmensprojekte sind zahlreiche. Ihre Dokumentation im Hinblick auf eine möglichst praxisgerechte Verwertbarkeit weiterzuentwickeln ist ein weiteres Teilziel, das in Zusammenarbeit mit der BGIA realisiert werden soll. Gleichzeitig gilt es, das vorhandene Methodeninventar zu vereinfachen, um insbesondere dessen Praktikabilität für KMU zu erhöhen und an deren Bedarfe anzupassen.

In beiden Fällen kann eine der Praxis angemessene Weiterentwicklung jedoch nur dann gelingen, wenn sich auch Unternehmen darauf einlassen und ihren Input geben.

3.3 Strukturen

Auf den genannten Expertenworkshops Ende 2006 wurde auch gefragt, wie ein solches Kompetenznetzwerk aussehen und wie es funktionieren könnte. Denkbar wäre beispielsweise eine virtuelle Gestaltung als Beratungsinstitution im Internet. Eine erste Internetplattform mit Informationen und Austauschmöglichkeiten bereits auch für andere Anwender wird im Rahmen von KoBRA realisiert. Andererseits könnte gerade für KMU ein regionaler Bezug bedeutend sein. Eine Untersuchung, wie beispielsweise die Kompetenzzentren der Berufsgenossenschaften arbeiten, soll hier mehr Informationen liefern.

4. Literatur

1. Bundesministerium für Arbeit und Sozialordnung BMA (Hrsg.) 2001, Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit 2000. Unfallverhütungsbericht Arbeit. Bonn: BMA.
2. Schaub, Kh. & Winter, G. 2002, Design-Check: ein Screeningverfahren zur Beurteilung körperlicher Belastungen, *Der Orthopäde*, 31, 987-996.
3. Schaub, K. & Ghezel-Ahmadi, K. 2007, Vom AAWS zum EAWS – ein erweitertes Screening-Verfahren für körperliche Belastungen. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg.), *Kompetenzentwicklung in realen und virtuellen Arbeitssystemen*. Dortmund: GfA Press, 601-604.
4. Sinn-Behrendt, A., Schaub, Kh. & Landau, K. 2004, Ergonomisches Frühwarnsystem „Ergo-FWS“. In: K. Landau (Hrsg.), *Montageprozesse gestalten*. Stuttgart: ergonomia Verlag, 233-248.

Das Projekt KoBRA wird gefördert vom Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS) im Rahmen des Modellprogramms zur Bekämpfung arbeitsbedingter Erkrankungen, Förderschwerpunkt 2007: „Belastungen des Muskel-Skelett-Systems bei der Arbeit – integrative Präventionsansätze praktisch umsetzen“.

Medico-Ergonomics

Wolfgang FRIESDORF¹ und Florian FRIESDORF²

¹ *Lehrstuhl für Arbeitswissenschaft und Produktergonomie, Technische Universität Berlin, Sekr. KWT 1, Fasanenstr. 1, D-10623 Berlin*

² *Lehrstuhl für Ergonomie, Technische Universität München, Boltzmannstr. 15, D-85747 Garching*

Kurzfassung: Medico-Ergonomics kann als neue Teildisziplin der Ergonomie definiert werden und beschäftigt sich mit der Schnittmenge medizinischer Arbeitsanforderungen, technischer Möglichkeiten sowie ergonomischen Wissens. Sie ist geprägt durch enge Zusammenarbeit von Medizinern, Ingenieuren, Informatikern und Arbeitswissenschaftlern. Im komplexen medizinischen Arbeitssystem Krankenhaus wird durch verstärkten Einsatz von EDV versucht, Qualität und Effizienz der Patientenbehandlung zu erhöhen. Der Workshop besteht aus Beiträgen der Medizin, der Arbeitswissenschaft und der Industrie. Ziel ist die Erarbeitung einer Strategie zum Transfer ergonomischer Ansätze von Wirtschaftsunternehmen auf medizinische Arbeitssysteme.

Schlüsselwörter: Workflowmanagement, Gesundheitswesen, Komplexität, Visualisierung.

1. Einleitung

Der Begriff Medico-Ergonomics wurde eingeführt von Donchin (2007) und beschreibt die Schnittmenge der Anforderungen an medizinische Arbeitssysteme mit dem technisch Möglichen unter Berücksichtigung ergonomischen Wissens und Erfahrungen. Medico-Ergonomics versteht sich als neue Teildisziplin der Ergonomie. Sie ist durch enge Zusammenarbeit von Arbeitswissenschaftlern und Mediziner geprägt.

Im Folgenden wird die momentane Situation im Gesundheitswesen beschrieben, welche Ausgangspunkt für den Medico-Ergonomics Workshop ist. Im Anschluss daran wird dessen Struktur dargelegt.

2. Situation im Gesundheitswesen

Das Arbeitssystem Krankenhaus ist gekennzeichnet durch hohen Technikeinsatz und sehr viele menschliche Akteure, die miteinander kommunizieren und interagieren, um eine bestmögliche individuelle Patientenversorgung zu erreichen. Das System ist hoch dynamisch: Notfälle gehören zur Tagesordnung und verursachen logistische Probleme und führen zu Schlafentzug des medizinischen Personals. Zudem ist das Risiko sehr hoch, da menschliches Leben auf dem Spiel steht. Zusammen führt dies zu einem hochkomplexen Arbeitssystem (Carayon & Friesdorf 2006).

Krankenhaus-Informationssysteme (KIS) sollen helfen Patientendaten strukturiert abzulegen und wiederzufinden. KIS stellen einen Fortschritt gegenüber vielen Inselösungen dar, helfen jedoch nicht, die Informationsflut zu beherrschen. Erste Ansätze für Workflowmanagementsysteme existieren (Pappas et al. 2002; Chang & Yang 2004; Sutherland & van den Heuvel 2006), decken jedoch nur einen Bruchteil der

medizinischen Prozesse ab. Ein großes Problem hierbei ist die nötige Standardisierung der durch sie unterstützten Prozesse. Sie droht die Individualisierung der Behandlung einzuschränken. EDV-Unterstützung medizinischer Prozesse und eine echte Entlastung des medizinischen Personals sind noch fern vom medizinischen Alltag (Carayon & Friesdorf 2006).

Zum einen wird also flexibles Workflowmanagement benötigt, zum anderen Ansätze zur Standardisierung, zudem Werkzeuge, die eine Visualisierung der vorhandenen Informationsmenge ermöglichen; dies auf verschiedenen Abstraktionsebenen und aus den verschiedenen Perspektiven der einzelnen Akteure. Eine wichtige Rolle spielen hierbei Transformationen, die über ein einfaches Anpassen der Auflösung oder Granularität der Information und des Wissens hinaus gehen.

3. Struktur des Workshops

Die Struktur des Workshops stellt den Versuch dar, von anderen Disziplinen und Domänen zu lernen und spiegelt die Ausrichtung von Medico-Ergonomics wieder: eine Beschreibung des klinischen Alltags mit seinen Anforderungen, Methoden und Werkzeugen aus Sicht der Medizin; Einblicke in klinische Prozessanalysen aus Sicht der Arbeitswissenschaft; Erfahrungsberichte und Einblicke in das Prozessmanagement der Energiewirtschaft, wo mit ähnlichen Informationsmengen umgegangen wird; sowie einem abschließenden Ansatz für einen Konzepttransfer, welcher in einem eigenen Beitrag skizziert ist.

Die medizinische Sicht wird von Priv.-Doz. Dr. med. Dirk Pappert geschildert, Chefarzt der Klinik für Anästhesiologie und Intensivtherapie, Klinikum Ernst von Bergmann, Potsdam; die arbeitswissenschaftliche Sicht von Dipl.-Ing. Heike Sander, Lehrstuhl für Arbeitswissenschaft und Produktergonomie, Technische Universität Berlin; Die Konzepte und Methoden der Energiewirtschaft von der Kisters AG; und der Ansatz zum Konzepttransfer von Dipl.-Ing. Florian Friesdorf, Lehrstuhl für Ergonomie, Technische Universität München.

4. Literatur

1. Carayon, P. & Friesdorf, W. 2006, Human Factors and Ergonomics in Medicine. In: G. Salvendy (Edt.), Handbook of Human Factors and Ergonomics, 3rd Edition. New York: Wiley, 1517-1537.
2. Chang, L. & Yang, S. 2004, Workflow-based large-scale integration hospital system. In: 8th International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design, Proceedings.
3. Donchin, Y. 2007, Forecasting the Next Error is More Important than to Analyze the Previous One, Journal of Clinical Monitoring and Computing, 21, 179-180.
4. Pappas, C. & Coscia, E., Doderio, G., Gianuzzi, V. & Earney, M. 2002, A mobile e-health system based on workflow automation tools. In: Proceedings of the 15 th IEEE Symposium on Computer-Based Medical Systems (CBMS 2002).
5. Sutherland, J. & van den Heuvel, W.-J. 2006, Towards an intelligent hospital environment: Adaptive workflow in the or of the future. In: Proceedings of the 39th Hawaii International Conference on System Sciences.

Medico-Ergonomics: Ansatz für einen Konzepttransfer

Florian FRIESDORF

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

Kurzfassung: Durch Rationalisierung und Standardisierung soll das Gesundheitswesen effizienter werden, die Individualität der Patientenbehandlung und damit Qualität muss hierbei jedoch besondere Beachtung finden. Generell stellt Rationalisierung einen Widerspruch zur Individuellen Betreuung dar. Durch entsprechend abstrakte Standardisierung und flexible Prozesse soll diesem begegnet werden. Eine besondere Herausforderung stellen die enormen Informationsmengen dar. Methoden und Werkzeuge der Energiewirtschaft zum Informationsmanagement erscheinen vielversprechend. Ein Vergleich mit aktuellen Entwicklungen der verarbeitenden Industrie zeigt Parallelen, Synergien müssen genutzt werden.

Schlüsselwörter: Gesundheitswesen, Informationsflüsse, Informationsflut, Methodentransfer.

1. Einleitung

Das Gesundheitswesen ist ein hochkomplexes System (Carayon & Friesdorf 2006). Der Mensch spielt sowohl als Patient wie auch als Personal eine zentrale Rolle, das System ist auf die qualifizierte kognitive Leistung des Menschen angewiesen.

In Abbildung 1 ist die Behandlungskette skizziert, der Weg des Patienten vom Unfallort durch die Arbeitsstationen des Krankenhauses bis zur hausärztlichen Betreuung.

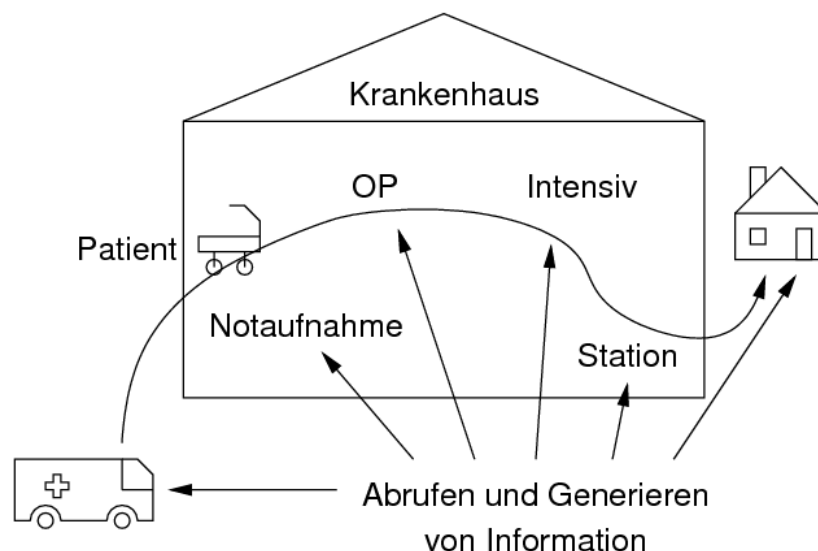


Abbildung 1: Patient in der Behandlungskette: Vom Unfallort bis zur hausärztlichen Betreuung wird den Patienten betreffende Information generiert und den Arbeitsstationen zur Verfügung gestellt – eine enorme Menge an Information gilt es zu bewältigen

Jede Arbeitsstation, angefangen beim Unfallort, benötigt und generiert hierbei In-

formation in der Interaktion mit dem Patienten – es entsteht eine enorme Informationsmenge. In der fehlerfreien Bewältigung dieser, stößt der Mensch an seine Grenzen und benötigt Unterstützung.

Die zentrale Frage ist: Wie wird die für eine Situation und Aufgabe relevante Information gefunden?

2. Modell für Informationsflüsse in komplexen Systemen

Grundlage für eine Analyse der Informationsflüsse sind die Arbeitsabläufe im Krankenhaus als Paradebeispiel eines komplexen Arbeitssystems. Arbeitsabläufe haben die Erfüllung einer Aufgabe zum Ziel. Im Krankenhaus können drei Aufgabenbereiche unterschieden werden (Friesdorf et al. 2003): die primäre Aufgabe Patientenbehandlung und daneben sekundäre Aufgaben, die die Patientenbehandlung direkt unterstützen, wie OP Management oder Laboruntersuchungen sowie tertiäre Aufgaben, die die Patientenbehandlung indirekt unterstützen, wie Reinigung oder Catering.

Ein einzelner Arbeitsablauf zur Erfüllung einer Aufgabe kann als Prozess dargestellt werden (Abbildung 2). Ein Prozess besteht aus Teilprozessen, welche der Erfüllung von Teilaufgaben dienen. Ein Teilprozess kann wiederum aus weiteren Teilprozessen bestehen und so fort, bis zur untersten Ebene, der Ebene der Aktivitäten. Eine Aktivität stellt die kleinste zu betrachtende Einheit dar, deren weitere Unterteilung aus systemergonomischer Sicht nicht sinnvoll ist.

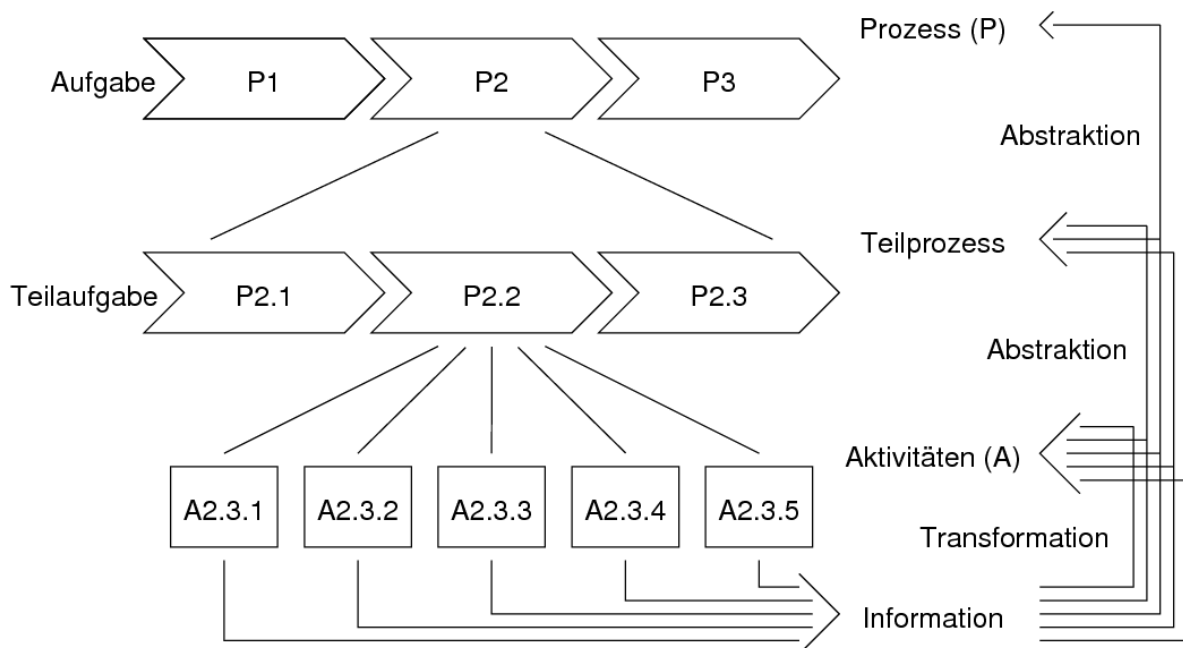


Abbildung 2: Prozesshierarchie mit abstrahierendem Rückkanal: Information wird durch Aktivitäten generiert und in den Hierarchieebenen in verschiedenen Abstraktionsstufen benötigt. Aktivitäten sind die kleinsten, für eine systemergonomische Betrachtung relevanten Einheiten eines Arbeitsablaufs und bilden die unterste Ebene einer beliebig verschachtelten Prozesshierarchie

Aktivitäten sind generell zeitlich entkoppelt, können jedoch Abhängigkeiten besitzen. Weiter wird unterschieden zwischen für den Prozessfortschritt notwendigen und optionalen Aktivitäten. Neben der Erfüllung ihrer Aufgabe und somit dem Beitrag zum

Prozessfortschritt, generieren Aktivitäten Informationen. Diese können auf höheren Abstraktionsstufen z.B. zur Überwachung und Regelung der Prozesse dienen. Ebenso ist eine Verwendung nötig in parallel ablaufenden Prozessen sekundärer und tertiärer Aufgaben, wie z.B. Laboruntersuchungen und Patientenstatistiken (in Abbildung 2 nicht dargestellt). Zudem müssen nicht mehr benötigte Information gelöscht oder in anonymer Form archiviert werden, um unnötige Datenanhäufung zu vermeiden (vgl. Doctorow 2008).

Benötigt werden Methoden zum Auffinden und zur Selektion relevanter Information für eine Situation und Aufgabe, sowie Transformationen, die eine Abstraktion sowie verschiedene Sichtweisen der relevanten Informationen ermöglichen.

Besonders vielversprechend erscheinen hier die Methoden der Energiewirtschaft: Basierend auf einer großen Informationsmenge, z.B. gewonnen aus Fernsehprogramm, Wetter und Erfahrung, werden Prognosen zur Entwicklung der Netzlast erstellt und dienen als Entscheidungsgrundlage bei der Versorgungsplanung auf den verschiedenen Prozessebenen Kraftwerk, Netzbetreiber, Netzverbund.

3. Ein Vergleich mit der verarbeitenden Industrie: Cognitive Factory

Die Cognitive Factory hat ihre Wurzeln in der hochautomatisierten Massenproduktion. Um Kleinserien und Einzelprodukte kostengünstiger fertigen zu können, wird eine Flexibilisierung der Massenproduktion angestrebt (siehe Abbildung 3).

Ziel ist es, weg von standardisierten Prozessen zu kommen und hin zu einer individuellen Betrachtung jedes einzelnen Produkts bzw. Werkstücks, und damit zu einem Prozess pro Produkt (Zäh et al. 2007a). Die Arbeitsschritte einer einzelnen Station werden nicht mehr nur von einem oder wenigen übergeordneten Prozessen definiert, sondern von vielen parallel ablaufenden und sich überschneidenden Prozessen – das System wird hochkomplex. Zudem soll der Mensch mit seinen kognitiven Fähigkeiten eng in die Produktion eingebunden werden: in der rein manuellen Montage, der kooperativen Montage mit Robotern, sowie im Leitstand der Cognitive Factory (Zäh et al. 2007b). Zur Bewältigung der Komplexität soll der Mensch durch Assistenzsysteme unterstützt werden. Genauso wie im Krankenhaus wird eine Darstellung der Zusammenhänge des komplexen System benötigt, sowie der für eine Situation und Aufgabe relevanten Information, aus verschiedenen Perspektiven und auf verschiedenen Abstraktionsebenen (vgl. Abb. 2).

Die Cognitive Factory möchte den Menschen mit seinen überragenden kognitiven Fähigkeiten in hochautomatisierte Fertigungsanlagen integrieren und damit eine individuelle hochautomatisierte Fertigung erreichen. Medico-Ergonomics zielt auf die Standardisierung und Rationalisierung medizinischer Prozesse unter Beibehaltung der individuellen Patientenbehandlung – beide versuchen einen hohen Rationalisierungsgrad mit hoher Individualität zu kombinieren, um Kosten zu reduzieren und dennoch individuellen Anforderungen gerecht zu werden.

Sowohl in der verarbeitenden Industrie als auch dem Gesundheitswesen wird versucht, einen hohen Rationalisierungsgrad mit hoher Individualität zu kombinieren und damit Kosten zu reduzieren und dennoch individuellen Anforderungen gerecht zu werden. In diesem Entwicklungsprozess können beide Systeme voneinander lernen, Transfermodelle und -methoden werden benötigt.

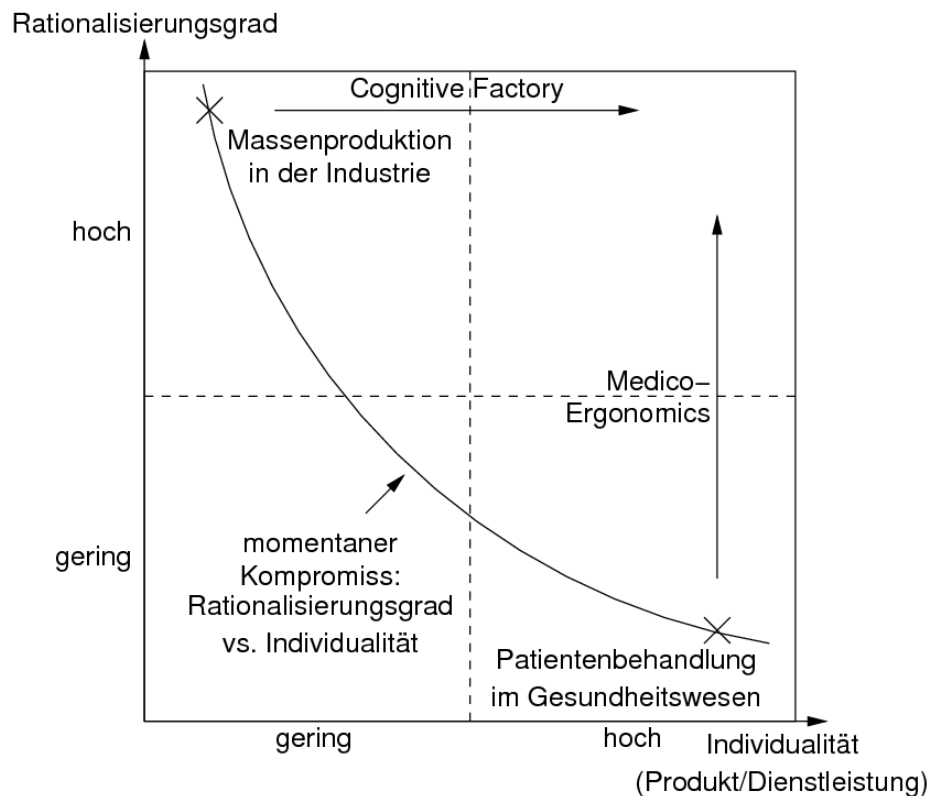


Abbildung 3: Rationalisierungsgrad vs. Individualität: die Cognitive Factory

4. Zusammenfassung und Ausblick

Ein Modell zur Erfassung der Informationsflüsse und Wechselwirkungen der einzelnen Arbeitsstationen komplexer Systeme wurde vorgestellt, das Auffinden der für eine Situation und Aufgabe relevanten Information innerhalb einer enormen Informationsmenge als zentrale Problematik identifiziert. Notwendig ist eine Abstraktion und Transformation von Information über verschiedene Prozessebenen und -bereiche. Parallelen zur verarbeitenden Industrie sind vorhanden, Methoden und Werkzeuge der Energiewirtschaft erscheinen vielversprechend.

Als nächstes werden weitere Arbeitssysteme in den Vergleich aufgenommen, sowie beispielhafte Prozesse modelliert, um das tatsächliche Potential des Ansatzes zu zeigen. Transfermethoden sind zu erarbeiten.

5. Literatur

1. Carayon, P. & Friesdorf, W. 2006, Human Factors and Ergonomics in Medicine. In: G. Salvendy (Edt.), Handbook of Human Factors and Ergonomics, 3rd edition. New York: Wiley, 1517-1537.
2. Doctorow, C. 2008, Personal data is hot as nuclear waste, The Guardian, <http://www.guardian.co.uk/technology/2008/jan/15/data.security>.
3. Friesdorf, W., Marsolek, I. & Göbel, M. 2003, Integrative Concepts for the Operation Room, Journal of Clinical Monitoring and Computing, 17, 489-490.
4. Zäh, M.F., Lau, C., Wiesbeck, M., Ostgathe, M. & Vogl, W. 2007, Towards the cognitive factory. In: 2nd International Conference on Changeable, Agile, Reconfigurable and Virtual Production (CARV), Toronto, Canada.
5. Zäh, M. F., Wiesbeck, M., Engstler, F., Friesdorf, F., Schuboe, A., Stork, S., Bannat, A. & Wallhoff, F. 2007, Kognitive Assistenzsysteme in der manuellen Montage, wt Werkstatt Technik online.

Ergonomie und Normung

Stefan KREBS, Norbert BREUTMANN, Georg KRÄMER und Karlheinz SCHAUB

*Normenausschuss Ergonomie des Deutschen Institut für Normung e.V. (DIN NAErg),
Burggrafenstrasse 6, D-10787 Berlin*

Kurzfassung: Gesicherte arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse sind seit 1970 Gegenstand der Ergonomienormung im Deutschen Institut für Normung (DIN). Seitdem ist es immer wieder gelungen, wissenschaftliche Erkenntnisse durch den Normungsvorgang in ergonomische Vorgaben für die Gestaltung von Arbeitsplätzen und Produkten umzuwandeln, die eine hohe praktische Relevanz erreicht haben. Dadurch konnten Konventionen zum Thema Ergonomie für die tagtägliche Verständigung und zum Nutzen der Gesellschaft geschaffen werden. In den deutschen und internationalen Normungsgremien wird ein breites Feld ergonomischer Fragestellungen diskutiert. Die Mitarbeit von Wissenschaftlern in diesen Gremien ist nicht nur wünschenswert, sondern auch für die Normungsinstitute unverzichtbar. Die aktive Teilnahme von Mitarbeitern aus Forschung und Lehre an der Ergonomienormung in DIN und ISO kann schnell, unkompliziert und gegebenenfalls kostenfrei erzielt werden. Die Normung bietet auch neue Veröffentlichungsformen an, die durch ihre schnelle Veröffentlichung besonders marktnah und aktuell sein können.

Schlüsselwörter: Ergonomie, Normung, Innovation, Recht.

1. Zielsetzung

Normungsorganisationen sind keine abgeschlossenen Institutionen, die für sich existieren können. Sie leben von der Teilnahme und Kommunikation der beteiligten interessierten Kreise. Der gemeinsame Wille dieser Kreise Konfliktbereiche im Konsens durch gemeinsame Arbeit zu befrieden, ist die Triebkraft der Normung. Im Bereich der Ergonomienormung sind dies im Wesentlichen: Wissenschaft, Gesetzgeber, die Tarifsvertragsparteien und die staatliche Unfallversicherung. Hinzukommen die Vertreter der Anwender von Normen in Arbeitsplatz- und Produktgestaltung.

Ziel dieses Workshops ist es:

- grundsätzlich den kausalen und politischen Zusammenhang von Wissenschaft und Normung zu erläutern,
- den Wert der Normung als Schnittstelle zwischen Forschung und Anwendung darzustellen, (siehe 2.1),
- eine Einführung in die ergonomischen Themengebiete zu geben, die derzeit in der Normung behandelt werden (siehe 2.2),
- die Möglichkeit und die Bedingungen für eine Mitarbeit an diesen Themengebieten aufzuzeigen (siehe 2.3),
- Beispiele zu nennen, in denen wissenschaftliche Erkenntnisse durch Normung in die praktische Anwendung bei der Gestaltung von Arbeitsplätzen und Produkten gelangt sind (siehe 2.4) und
- Möglichkeiten zu diskutieren, wie die Teilnahme von Wissenschaftlern an der Ergonomienormung verbessert werden kann.

2. Realisierung

Der kausale und politische Zusammenhang von Wissenschaft und Normung wird in den folgenden Teilbeiträgen dargestellt und zur Diskussion gestellt. Dabei wird im Besonderen dargestellt, wo Normen in der ergonomischen Praxis innovationsförderlich gewesen sind und wie die Normung es Wissenschaftlern durch neue Veröffentlichungsformen ermöglicht, gesicherte Forschungsergebnisse mit praktischem Wert schnell und unkompliziert in Form einer Vornorm oder eines Berichtes zu veröffentlichen.

2.1 Anerkennung arbeitswissenschaftlicher Erkenntnisse über Ergonomienormen und deren Nutzen als tarifpolitische Konventionen und zur Umsetzung von Arbeitsschutzziele (Norbert Breutmann)

Die auf dem Konsensprinzip basierende Arbeitsweise der Arbeitsgremien des DIN ist für die Behandlung von Fragestellungen, bei denen es neben der Klärung vorwiegend technischer Sachverhalte um die Einbeziehung von unterschiedlichen Interessen getriebener subjektiver Einschätzungen geht, hervorragend geeignet. Dies ist nicht nur in Grundlagenpapieren zur Abklärung eines gemeinsamen Grundverständnisses oder der Akzeptanz geeigneter Grundprinzipien wie dem Belastungs-Beanspruchungs-Modells möglich. Normung hat sich darüber hinaus bei der Bearbeitung spezifischer arbeitswissenschaftlicher Fragestellungen, seinen es Arbeitsschutzthemen wie heiße Oberflächen oder Gestaltungsthemen wie Anzeigen und Stellteile, bestens bewährt. Ein zusätzliches Angebot seitens der Normungsgremien kann in erläuternder Sekundärliteratur, die im Konsens erarbeitete normenuntersetzende zielgruppenorientierte Informationen behandeln, bestehen.

2.2 Einführung in die Themengebiete der Ergonomienormung (Georg Krämer)

In diesem Beitrag wird dem Interessierten ein kurzer Überblick über die Ergonomienormung gegeben, um ihm zu ermöglichen, die für ihn relevanten Themen und Arbeitsgruppen ausfindig zu machen. Zum besseren Verständnis wird ein kurzer Blick in die Entstehungsgeschichte der deutschen, europäischen und internationalen Normung von ergonomischen Erkenntnissen gegeben. Im folgenden wird die Aufteilung der ergonomischen Themengebiete und die Struktur der Gremien erläutert (siehe Abb. 1). Diese Themengebiete korrespondieren thematisch etwa den Abteilungen/Forschungsgruppen an den Hochschulen.

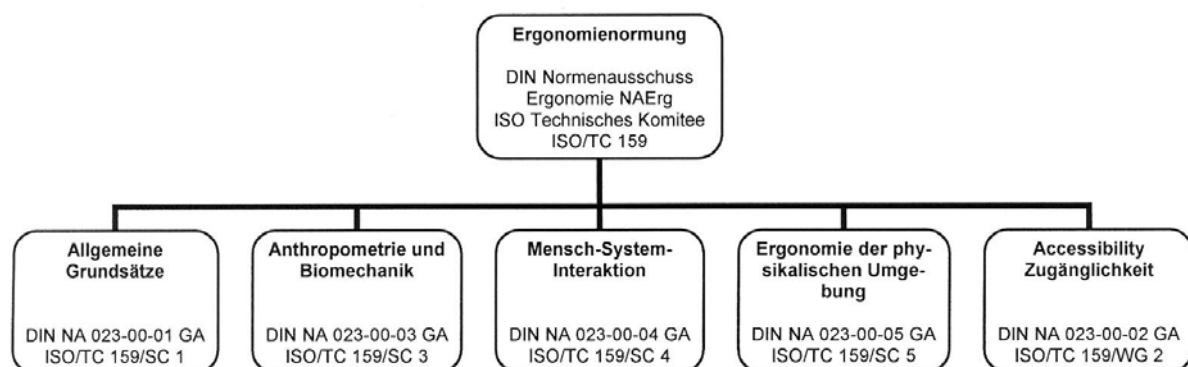


Abbildung 1: Titel und Bezeichnung der Gremien zur Ergonomienormung in DIN und ISO

Zum Abschluss wird das aktuelle Arbeitsprogramm der Gremien und ein Ausblick auf neue Entwicklungen in der Normung gegeben.

2.3 Möglichkeiten der Mitarbeit an der Ergonomienormung (Stefan Krebs)

Die Normung ist als Ganzes zwar ein komplexer formaler Akt, doch die Arbeitsabläufe in einem Gremium - aus Sicht der Experten - sind eher einfach. Zur Erläuterung werden dem Wissenschaftler und Experten die entsprechenden Schritte als Flussdiagramm dargestellt.

Um eine schnelle Veröffentlichung von Forschungsergebnissen zu ermöglichen, haben die Normungsinstitute neue Veröffentlichungsform eingeführt, die schnell veröffentlicht werden können und ein Vorstadium zur Norm darstellen (Vornorm, Fachbericht).

Der Zugang zu den Gremien des DIN ist durch ein einfaches und schnelles Benennungsverfahren möglich. Nach Aufnahme in den Ausschuss kann der Mitarbeiter auf einem elektronischen Dokumentenserver eine umfangreiche Dokumentensammlung kostenlos abrufen, die ihn bei der Mitarbeit unterstützt. Er wird per E-Mail zu den Sitzungen eingeladen, jedes Gremium trifft sich etwa zweimal jährlich zu einer eintägigen Sitzung. Hochschulangehörige können bei der Geschäftsstelle des DIN Normenausschusses Ergonomie einen Antrag auf Reisekostenübernahme stellen.

2.4 Beispiele für eine praktische Umsetzung ergonomischer Forschungsergebnisse durch Normen (Karlheinz Schaub)

In einem vom BMBF geförderten Forschungsvorhaben „Körperkräfte des Menschen“ wurden in Kooperation zwischen dem Lehrstuhl für Ergonomie der TU München (LfE) und dem Institut für Arbeitswissenschaft der TU Darmstadt (IAD) Maximalkraftmessungen an einer großen Zahl von Probanden und in einer Vielzahl von Kraftfällen erhoben. Die Auswertung dieser Daten mündete in die Erstellung von DIN 33411 Teil 5.

Ein Ausschnitt dieser Daten floss in die Entwicklung der beiden Kraftnormen EN 1005-3 und ISO 11228-2 ein, welche sich mit dem Ausüben von Aktionskräften bzw. dem Ziehen und Schieben von Trolleys befassen.

Da diese Normen sehr umfangreich sind und in der betrieblichen Realität unterschiedliche körperliche Belastungen kombiniert auftreten (z.B. Körperhaltungen ohne größeren Kraftaufwand, Aktionskräfte, Lastenhandhabungen), fanden Inhalte dieser Normen Eingang in eine Reihe von Ergonomiebewertungsverfahren des IAD, welche in Form von Screeningverfahren eine breite praktische Verbreitung, insbesondere in der Automobilindustrie, gefunden haben.

3. Erwartete Ergebnisse

Der Workshop soll über die aktuellen Themen und die Wirkung der Normung informieren. Überschneidungen in den Arbeitsfeldern der Wissenschaft und Normung werden so besser sichtbar und können diskutiert werden. Im Falle solcher Überschneidungen ist es wünschenswert, die vorhandenen Informationen auszutauschen und eine bessere Zusammenarbeit anzustreben.

4. Literatur

1. Deutsches Institut für Normung (Hrsg.) 2005, DIN-Taschenbuch 352, Anwendung von Ergonomie-Normen bei der Gestaltung von Maschinen. Berlin: Beuth.
2. Deutsches Institut für Normung (Hrsg.) 2004, DIN-Taschenbuch 353, Ergonomie von Computerhardware - Empfehlungen für die Entwicklung, Auswahl und betriebliche Anwendung. Berlin: Beuth.
3. Deutsches Institut für Normung (Hrsg.) 2004, DIN-Taschenbuch 354, Software-Ergonomie - Empfehlungen für die Programmierung und Auswahl von Software. Berlin: Beuth.

Homepage der Normenausschusses Ergonomie NAErg:
www.naerg.din.de

Homepage der ISO Technisches Komitee ISO/TC 159 Ergonomie:
http://www.iso.org/iso/standards_development/technical_committees/list_of_iso_technical_committees/iso_technical_committee.htm?commid=53348

Ergonomie-Homepage der Kommission Arbeitsschutz und Normung:
<http://www.kan.de/content/germancontent/wir-arbeitsgebiete/Ergonomie.htm>

Weiterentwicklung der gewerblich-technischen Fachdidaktiken und der Technikdidaktik in Forschung und Lehre

Elke HARTMANN¹, Klaus JENEWEIN², Manuela NIETHAMMER³
und Peter RÖBEN⁴

¹ *Martin-Luther-Universität, Zentrum für Ingenieurwissenschaften,
Kurt-Mothes-Straße 1, D-06120 Halle/Saale*

² *Otto-von-Guericke-Universität, Institut für Berufs- und Betriebspädagogik,
Zschokkestraße 32, D-39016 Magdeburg*

³ *TU Dresden, Institut für berufliche Fachrichtungen, D-01062 Dresden*
⁴ *Pädagogische Hochschule Heidelberg, Fakultät III,
Im Neuenheimer Feld 561, D- 69120 Heidelberg*

Kurzfassung: Der Workshop bearbeitet neue Entwicklungen in der technikdidaktischen Lehre. Hierbei wird die Frage untersucht, wo zwischen der Technikdidaktik und den Fachdidaktiken technisch-beruflicher Fachrichtungen gemeinsame Elemente im Wissens- und Methodenverständnis liegen und wie durch einen integrativen Zugriff zu einer zukunftsorientierten Technikdidaktik beigetragen werden kann.

Schlüsselwörter: Technikdidaktik, Fachdidaktik beruflicher Fachrichtungen, Wissensbestände der Technikwissenschaften, Methodenverständnis der Technikwissenschaften.

1. Ausgangssituation und Problemhintergrund

Wenn über den Zustand der Fachdidaktiken und der Technikdidaktik an den deutschen Universitäten und Hochschulen geschrieben wird, dann wird meistens ein düsteres Bild gezeichnet. Bonz charakterisiert sie als eine "sperrige" Didaktik und greift dabei eine Formulierung von Bader auf (2003, S. 5). Im weiteren Fortgang spricht er von einem "amorphen Bild" und zitiert Duisman et al. 1999: "Von einer allgemeinen Didaktik der Technik (kann) auch nicht in Ansätzen gesprochen werden" (S. 6).

Solche Befunde sind nicht neu. Schon Grüner hat 1975 festgestellt, "dass sich die Fachdidaktiken der Fächer des beruflichen Schulwesens in einem sehr desolaten Zustand befinden und von ergiebiger fachdidaktischer Forschung keine Rede sein kann" (zitiert nach Tenberg 2002, S. 274). Rauner stellt fest, dass eine der Ursache für diese desolate Situation im Abbau wissenschaftlichen Personals liegt. Während noch vor einigen Jahren an den meisten Universitäten berufliche Fachrichtungen auch mit jeweils einer Professur vertreten waren, ist heute die Tendenz zum Zusammenlegen mehrerer Fachrichtungen in die Verantwortung einer Professur die Regel (der Multifachdidaktiker als Allzweckwaffe). Eine solche Professur, meist mit der Denomination für Technikdidaktik, ist dann gelegentlich nicht nur für berufliche Fachrichtungen zuständig, sondern auch noch für die technische Allgemeinbildung in Studienfächern wie Arbeitslehre und Technik (vgl. Rauner 2008, S. 45) und hier nicht nur für Fachdidaktik, sondern auch für fachwissenschaftliche Lehrangebote.

Wie vertragen sich diese neuen Rahmenbedingungen mit dem Wissenschaftsverständnis der Technikdidaktik? Korrespondieren diese Zuständigkeiten (für Allgemeinbildung und berufliche Bildung; für Fachwissenschaft und Fachdidaktik) mit der

inneren Verfasstheit der Technikdidaktik ? Anders gefragt: Gibt es eine Disziplin, die aus ihrem Wissenschaftsverständnis und ihrer Theorieproduktion es vermag, diese Teilbereiche zu erfassen ? Solchen Fragen soll in dem Workshop nachgegangen werden. Einige Ausgangspositionen lassen sich bereits im Vorfeld identifizieren.

Die Technikdidaktik entwickelte sich zu einem Lehr- und Forschungsgebiet, mit dem sowohl eine allgemeine Didaktik der Technik als auch die Didaktik der verschiedenen beruflichen Fachrichtungen erfasst werden soll. Sind die durch diesen Anspruch konstituierten Probleme lösbar? Welche Schlussfolgerungen lassen sich in Hinblick auf die Besetzungspolitik der Universitäten und Hochschulen und die Ausgestaltung der Forschungsgruppen ziehen?

Die gewerblich-technischen Fachdidaktiken kämpfen seit ihrer Konstitution mit immanenten Problemen, die schon mit ihrem Gegenstand beginnen. Anders als in den Fachdidaktiken z.B. der Naturwissenschaften, in denen mit den vergleichsweise homogenen und systematisch aufeinander beziehbaren Wissensbeständen ein Bezug zu einem in sich kohärenten Wissensfeld hergestellt werden kann, ist dieser für die technischen Disziplinen nicht so einfach gegeben. Schon auf den ersten Blick zeigen sich die Technikwissenschaften als eine unübersehbare Vielzahl von einzelnen Disziplinen, die auch auf dem zweiten Blick nicht in einer den Naturwissenschaften vergleichbaren Weise durch eine innere Struktur integriert werden können.

Die klare Struktur der Bezugswissenschaften erleichtert den Fachdidaktiken allerdings nur scheinbar die Arbeit, wie die Diskussionen in den Fachdidaktiken erkennen lassen. Denn es besteht die Gefahr, das lernende Subjekt aus den Augen zu verlieren, wenn der Bezug zur Fachdisziplin überbewertet wird. Die Diskussion über conceptual change in der Physik macht z. B. deutlich, dass wohlgeordnete Wissensbestände über viele Jahre an den Erfahrungen der Schüler vorbei unterrichtet wurden und nur bei einem kleinen Teil zu nachhaltigen Lernergebnissen geführt haben.

Möglicherweise können die gewerblich-technischen Fachdidaktiken hier von dem bislang entwickelten Fachverständnis der Technikdidaktik profitieren (vgl. Traebert 2000; Haupt & Wagener 2000). Einerseits wurden hier durch den mehrperspektivischen Ansatz Konzepte entwickelt, wie technische Bildung sich am Lebens- und Erfahrungsraum der Schüler orientieren kann. Jedoch sind die nach diesem Ansatz entwickelten Konzepte zunächst einmal ausgearbeitet für den (außerberuflichen) Erfahrungsraum von Schülern insbesondere der Sek. I, und hierfür ist ihre Gültigkeit für die Erfassung des Gegenstandsbereichs von Technik durchaus umstritten.

Ein zweiter Entwicklungspfad ist der durch Technikdidaktik und Technikphilosophie konstituierte Ansatz der allgemeinen Technologie mit dem Versuch, Grundstrukturen einer allgemeinen Technikwissenschaft in der Tradition Beckmanns zu beschreiben. Aus heutiger Sicht ist jedoch festzustellen, dass diesem Konzept innerhalb der Ingenieurwissenschaften bislang nicht einmal der Bedeutungsgehalt anerkannter Klassifikationsschemata zukommt, wie sie z.B. die Botanik entwickelt hat. Eine gewisse Relevanz haben Ansätze, die in der Tradition Ropohls, Wolffgramms und der NRW-Arbeitsgruppe Allgemeine Technologie entwickelt wurden, um auf der Grundlage der Systemtheorie das zerklüftete Gebiet der Technik für einen didaktischen Zugriff zu strukturieren. Für das Feld der gewerblich-technischen Fachdidaktiken hat Bader den Versuch einer systemtheoretischen Technikdidaktik entwickelt, und seit der 1987er Neuordnung der industriellen Elektro- und Metallberufe ist das Systemdenken verbindliche Forderung in Lehrplänen der berufsbildenden Schulen.

Auch ist festzustellen, dass eine Reihe von Autoren aus der Berufspädagogik Überlegungen zum Ansatz einer Allgemeinen Technikdidaktik publiziert haben (vgl. etwa Lipsmeier oder – in Bezug auf ein gemeinsames Methodenverständnis der

Technikwissenschaften – Pahl). Dennoch zeigen die Bemühungen um eine integrierende Diskussion der technikdidaktischen Teildisziplinen eher ein mehr oder weniger unvermitteltes Nebeneinander als einen die schulform- oder schulstufenbezogenen Einzeldisziplinen strukturierenden Gesamtzugriff (vgl. Bader & Jenewein 2000).

Der Ansatz der Berufswissenschaften (Bannwitz & Rauner 1993; Pahl & Rauner 1998; Pahl et al. 2000) besteht in einem umfassenden Entwurf, der neben den Bezug auf die beruflichen Schulen gleichwertig den auf die betrieblichen Lernorte herstellt und die Entwicklung des Arbeitsprozesswissens der zukünftigen Facharbeiter in Zentrum stellt. Daraus ergeben sich Schlussfolgerungen, die sich nicht nur auf die didaktische Ausbildung zukünftiger Berufsschullehrer beziehen, sondern die Arbeitsteilung zwischen Fachwissenschaft und Didaktik in Frage stellen.

2. Fragestellung

Werden die angesprochenen Themenkreise nicht neu durchdacht und werden nicht neue Entwürfe einer zukunftsfesten Technik- und Fachdidaktik geschaffen, droht die weitere Austrocknung und Marginalisierung dieser Disziplinen. Für den Workshop, dessen Thema aus unterschiedlicher Perspektive der heute Lehrenden diskutiert werden soll, ergeben sich Fragestellungen auf verschiedenen Ebenen:

- Auf welche Weise können gewerblich-technische Fachdidaktiken die für ihr Anliegen relevanten Wissensbestände bestimmen ? Welche Rolle spielt die Technikdidaktik dabei, und wie kann der Zusammenhang von allgemeiner und beruflicher Technikbildung dabei neu gedacht werden ?
- Gibt es so etwas wie ein gemeinsames Methodenverständnis von allgemeiner und beruflicher Technikbildung und ergeben sich daraus Konzepte für Lehrerbildung und Unterrichtspraxis ?
- Welche Wechselbeziehungen können den Gegenstandsbereichen allgemeiner und beruflicher Technikbildung zugeschrieben werden ? Welche Fragestellungen sind in den einzelnen Disziplinen der gewerblich-technischen Fachdidaktiken (z.B. Bautechnik, Chemietechnik, Elektrotechnik/Informationstechnik, Maschinentechnik) und der Technikdidaktik gemeinsam und besonders klärungsbedürftig ?
- Welche Konsequenzen ergeben sich daraus für die fachdidaktische Lehre und Forschung ? Welche gemeinsamen Vorgaben können hinsichtlich der Lehre getroffen werden ?

3. Intentionen

Auf dem Workshop soll es darum gehen, eine ergebnisoffene Diskussion zu führen und neue Ideen zu entwickeln. Dabei kann das Spannungsfeld zwischen der Vision Berufswissenschaft und den eher pragmatischen, an den Ingenieurwissenschaften und den an vermeintliche Standards der Wissenschaft orientierten Vertretern unserer Zunft nutzbar gemacht werden, solange man sich nicht wechselseitig auf den eigenen Standpunkt verpflichten will. Denn eines ist den meisten Vertretern unserer Disziplin gemeinsam: Sie müssen fach- und technikdidaktische Lehre anbieten und sich den Studenten gegenüber zu den Grundfragen der Disziplin positionieren.

Eine bessere Situation haben wir auf Seiten der Forschung. Von Seiten des berufswissenschaftlichen Ansatzes liegt eine Reihe von Qualifikationsarbeiten vor, die

das Verhältnis zwischen Arbeit, Kompetenzentwicklung und schulische Lehre in den Domänen bestimmt haben. Ein weiterer fachdidaktischer Forschungsschwerpunkt hat sich im Bereich der empirischen Unterrichtsforschung etabliert. Wie können die Resultate dieser Forschung für die Weiterentwicklung der Disziplinen verwandt werden?

4. Workshopkonzept

Eingeladen werden ausgewiesene Experten, die an den Hochschulen in den besprochenen Domänen verantwortlich lehren. Aus jeder Domäne wird ein eingeladener Impulsvortrag die Diskussion eröffnen. Hierbei werden Fragen aufgegriffen, die bereits in den Vorträgen bearbeitet werden sollten:

- Auf welche Weise können gewerblich-technische Fachdidaktiken die für ihr Anliegen relevanten Wissensbestände bestimmen, welche Rolle spielt die Technikdidaktik dabei und wie kann der Zusammenhang von allgemeiner und beruflicher Technikbildung dabei neu gedacht werden ?
- Gibt es so etwas wie ein gemeinsames Methodenverständnis von allgemeiner und beruflicher Technikbildung und ergeben sich daraus Konzepte für Lehrerbildung und Unterrichtspraxis ?
- Welche Wechselbeziehungen können den Gegenstandsbereichen allgemeiner und beruflicher Technikbildung zugeschrieben werden? Welche Fragestellungen sind in den einzelnen Disziplinen der gewerblich-technischen Fachdidaktiken (z. B. Bautechnik, Chemietechnik, Elektrotechnik/Informationstechnik, Maschinentechnik) und der Technikdidaktik gemeinsam und besonders klärungsbedürftig?
- Konsequenzen für die fachdidaktische Lehre und Forschung?

5. Literatur

1. Bader, R. & Jenewein, K. (Hrsg.) 2000, Didaktik der Technik zwischen Generalisierung und Spezialisierung. Frankfurt am Main: G.A.F.B.
2. Bannwitz, A. & Rauner, F. (Hrsg.) 1993, Wissenschaft und Beruf. Berufliche Fachrichtungen im Studium von Berufspädagogen des gewerblich-technischen Bereiches. Bremen: Donat.
3. Bonz, B. & Lipsmeier, A. (Hrsg.) 1980, Allgemeine Technikdidaktik. Stuttgart: Holland + Josenshans.
4. Bonz, B. 2003, Technikdidaktik und technische Kompetenz in der allgemeinen und beruflichen Bildung. In: B. Bonz & B. Ott (Hrsg.) 2003, Allgemeine Technikdidaktik. Theorieansätze und Praxisbezüge. Baltmannsweiler: Schneider-Verlag Hohengehren, 4-18.
5. Duismann, G.H., Martin, W., Oberliesen, R. & Pangalos, J. 1999, Grundlinien einer allgemeinen Technikdidaktik. Ein Beitrag zur Eröffnung eines neuen fachdidaktischen Diskurses, Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik, 95, 2, 199-215.
6. Haupt, W. & Wagener, W. 2000, Technik als Fach in der gymnasialen Oberstufe. In: R. Bader & K. Jenewein (Hrsg.), Didaktik der Technik zwischen Generalisierung und Spezialisierung. Frankfurt am Main: G.A.F.B., 53-74.
7. Jenewein, K. 2000, Methoden beruflichen Lernens und Handelns in der Fachrichtung Elektrotechnik – Eine fachdidaktische Aufgabe. In: F. Bernard & B. Schröder (Hrsg.), Lehrerbildung im gesellschaftlichen Wandel. Frankfurt am Main: G.A.F.B., 315-341.
8. Pahl, J.-P. 2007, Ausbildungs- und Unterrichtsverfahren – Ein Kompendium für den Lernbereich Arbeit und Technik. Bielefeld: Bertelsmann.
9. Pahl, J.-P. & Rauner, F. (Hrsg.) 1998, Betrifft Berufsfeldwissenschaften. Beiträge zur Forschung und Lehre in den gewerblich-technischen Fachrichtungen. Bremen: Donat.

10. Pahl, J.-P., Rauner, F. & Spöttl, G. (Hrsg.) 2000, Berufliches Arbeitsprozesswissen. Ein Forschungsgegenstand der Berufsfeldwissenschaften. Baden-Baden: Nomos.
11. Rauner, F. 2005, Handbuch Berufsbildungsforschung. Bielefeld: Bertelsmann.
12. Rauner, F. 2008, Reformbedarf in der Ausbildung von Berufspädagogen/-pädagoginnen in Deutschland. In: F. Eicker (Hrsg.), Perspektive Berufspädagoge!? Neue Wege in der Aus- und Weiterbildung von betrieblichem und berufsschulischen Ausbildungspersonal. Bielefeld: Bertelsmann, 36-56.
13. Tenberg, R. 2002, Positionierung der Fachdidaktik Metall- und Elektrotechnik, Die berufsbildende Schule, 54, 274–276.
14. Traebert, W.E. 2000, Technik als Schulfach in der Sekundarstufe I. In: R. Bader & K. Jenewein (Hrsg.), Didaktik der Technik zwischen Generalisierung und Spezialisierung. Frankfurt am Main: G.A.F.B., 35-52.

Vorstand der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e. V.

Prof. Dr.-Ing. Helmut Strasser Präsident
 Universität Siegen, FG Arbeitswissenschaft/Ergonomie
 FB 11 Maschinentechnik
 Paul-Bonatz-Straße 9-11, D-57068 Siegen

Prof. Dr.-Ing. Holger Luczak Vizepräsident I
 Lehrstuhl und Institut für Arbeitswissenschaft der
 Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen
 Bergdriesch 27, D-52062 Aachen

Prof. Dr.-Ing. Gert Zülch Vizepräsident II
 Universität Karlsruhe, Institut für Arbeitswissenschaft
 und Betriebsorganisation
 Kaiserstraße 12, D-76128 Karlsruhe

PD Dr. Martin Schütte Geschäftsführendes Vorstandsmitglied
 Institut für Arbeitsphysiologie an der Universität Dortmund
 Ardeystr. 67, D-44139 Dortmund

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.-Ing. Dr.phil.habil Birgit Spanner-Ulmer
 Technische Universität Chemnitz, Fakultät für Maschinenbau
 Erfenschlager Straße 73, D-09107 Chemnitz

Prof. Dr.rer.pol. Hanns Peter Euler
 Johannes Kepler-Universität Linz, Abt. Wirtschaftssoziologie
 und Stadtforschung, Institut für Soziologie,
 A-4045 Linz-Auhof

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Karsten Kluth
 Universität Siegen, Arbeitswissenschaft/Ergonomie
 Paul-Bonatz-Straße 9-11, D-57068 Siegen

PD Dr.sc.nat. Marino Menozzi
 Institut für Hygiene- und Arbeitsphysiologie
 ETH Zentrum, CH-8092 Zürich

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
 http://www.gfa-online.de

Stichwortverzeichnis

- 24-Stunden-Blutdruckmonitoring 613, 614
- 3D 9, 11, 35, 47, 51, 55, 181, 182, 202, 210, 391, 392, 393, 394, 396, 398, 399, 400, 401, 402, 420, 422, 449, 450, 451, 569, 570, 576, 706, 709, 710, 711, 712, 725, 728, 823, 826, 885, 892, 899, 900, 901
- 3D-Menschmodell 9, 35, 51, 55, 181, 182, 569, 570
- Abstandsanzeige 29, 32
- Active Cruise Control (ACC) 141
- Adaptive Software 103
- adaptive Stellteile 129
- Akklimatisation 275, 276, 277, 278
- aktive Stellteile 29
- Alkohol 10, 527, 665, 667
- Alltagsbedienung im Fahrzeug 153
- Alter 54, 65, 67, 73, 75, 86, 87, 104, 106, 109, 110, 111, 118, 135, 150, 158, 165, 174, 189, 191, 225, 226, 227, 228, 236, 238, 257, 263, 295, 360, 361, 373, 388, 400, 408, 412, 413, 425, 426, 434, 437, 439, 450, 489, 491, 494, 510, 512, 514, 515, 529, 537, 538, 539, 540, 556, 576, 610, 613, 622, 634, 638, 684, 713, 714, 716, 722, 724, 730, 756, 757, 781, 787, 788, 789, 790
- Ältere Arbeitnehmer/innen 103, 437, 491
- Altersgerechte Arbeitssysteme 411
- Alterssichtigkeit 53, 529
- ambulatory workload assessment 899
- Ampelassistent 133
- Ansitzkomfort 177, 178, 179, 180
- Anthropometrie 13, 51, 58, 186, 187, 391, 394, 395, 399, 402, 408, 457, 841, 842, 843, 844
- anthropometrische Maßkonzeption 403, 404, 405
- Arbeits- und Gesundheitsschutz 19, 21, 27, 314, 315, 316, 478, 479, 480, 491, 518, 521, 581, 856, 910
- Arbeitsanalyse 9, 307, 308, 411, 458, 482, 502, 504, 508, 600, 602, 617, 650
- Arbeitsbedingungen 7, 9, 37, 38, 39, 40, 62, 226, 228, 234, 289, 294, 300, 315, 325, 352, 366, 387, 390, 413, 437, 438, 439, 449, 450, 452, 504, 521, 522, 585, 599, 614, 620, 649, 658, 673, 674, 688, 689, 733, 820, 821, 822, 853, 854, 855
- Arbeitsbegriff 751
- Arbeitsforschung 3, 199, 200, 285, 287, 350, 751, 752, 754, 857, 858
- Arbeitsgestaltung 1, 5, 17, 19, 23, 28, 35, 114, 234, 285, 294, 296, 308, 313, 314, 315, 316, 325, 326, 328, 339, 340, 341, 342, 351, 370, 374, 410, 411, 418, 427, 437, 482, 488, 494, 507, 581, 588, 599, 628, 629, 640, 644, 657, 690, 733, 737, 740, 860, 910
- Arbeitshaltung 20, 429, 474
- Arbeitsmedizin 1, 4, 28, 41, 42, 43, 44, 57, 65, 68, 69, 72, 73, 76, 107, 110, 228, 242, 243, 256, 271, 275, 279, 285, 287, 290, 297, 300, 343, 362, 370, 374, 383, 386, 387, 475, 478, 482, 490, 499, 504, 505, 537, 547, 550, 551, 554, 555, 558, 559, 586, 603, 614, 615, 621, 628, 632, 673, 695, 773, 787, 797, 844, 909, 910, 929
- Arbeitsorganisation 4, 30, 62, 235, 283, 285, 290, 291, 293, 298, 305, 313, 314, 318, 324, 326, 342, 354, 369, 494, 502, 506, 507, 528, 589, 600, 615, 649, 735, 739, 801, 861
- Arbeitsphysiologie 29, 225, 235, 239, 243, 247, 253, 257, 263, 267, 271, 275, 279, 359, 487, 529, 547, 550, 551, 555, 593, 615, 625, 628, 633, 705, 709, 713, 717, 721, 725, 760, 762, 773, 845, 929
- Arbeitsplanung 219, 733, 735, 736, 826
- Arbeitsplatzanalyse 621, 622, 673
- Arbeitsplatzgestaltung 4, 6, 225, 283, 289, 291, 297, 299, 407, 415, 416, 418, 419, 420, 433, 440, 449, 475, 491
- Arbeitsplatzstrukturanalyse 4, 289, 290, 291, 298
- Arbeitsprozessanalyse 801
- Arbeitsprozesse 103, 207, 309, 311, 344, 353, 456, 660, 696, 803, 861, 862, 863

- Arbeitsschutz 1, 10, 17, 18, 21, 25, 28, 57, 65, 68, 69, 72, 73, 76, 107, 110, 210, 228, 238, 300, 305, 315, 343, 366, 367, 368, 370, 374, 383, 386, 387, 423, 427, 429, 433, 453, 478, 479, 482, 490, 494, 499, 505, 506, 508, 521, 524, 536, 537, 551, 554, 555, 558, 559, 565, 586, 603, 615, 620, 632, 655, 656, 657, 658, 673, 691, 692, 762, 781, 784, 844, 899, 909, 910, 911, 922, 929
- Arbeitssysteme 6, 13, 411, 437, 609, 688, 692, 737, 877, 880, 913, 918
- Arbeitsumgebung 3, 199, 200, 216, 223, 417, 450, 471, 494
- arbeitswissenschaftliche Empfehlungen 362, 363, 371, 857
- Arbeitszeit 6, 235, 236, 237, 289, 293, 294, 295, 296, 355, 356, 358, 366, 367, 368, 369, 370, 371, 373, 375, 379, 380, 381, 383, 384, 385, 387, 388, 389, 390, 458, 474, 506, 526, 634, 635, 749, 782
- Arbeitszeitgesetz 360, 362, 370, 371, 373, 374
- Arbeitszeitgestaltung 4, 293, 294, 295, 296, 356, 366, 372, 375, 376, 382, 383
- Arbeitszufriedenheit 13, 286, 341, 465, 471, 472, 474, 498, 778, 779, 780, 819, 820, 821, 822
- arterielle Hypertonie 787, 790
- Assistance systems 881
- Assistenz 13, 24, 26, 816, 877, 878
- aufgabenorientierte Gestaltung 445
- Aufmerksamkeit 11, 65, 83, 202, 236, 334, 342, 489, 591, 593, 666, 705, 708, 713, 721, 795, 824, 825, 826
- Aufmerksamkeitsgradient 705
- Augmented Reality 12, 47, 50, 125, 208, 210, 211, 212, 214, 219, 220, 222, 795, 798, 881, 882, 883, 884
- Auskunftsstelle 695
- ausschleichendes Coaching 306, 479
- Ausstieg 173, 174, 175, 176, 182, 184, 186
- Automobilindustrie 5, 6, 13, 164, 297, 301, 316, 324, 411, 414, 415, 423, 429, 430, 437, 440, 483, 569, 581, 637, 650, 759, 760, 761, 762, 827, 831, 838, 885, 921
- Automobilzulieferindustrie 5, 321, 324, 351, 355, 643
- Autonomie 10, 310, 316, 599, 643, 644, 646, 699, 700, 734, 861
- Autositz 177
- Beanspruchung 9, 12, 13, 20, 23, 30, 31, 101, 115, 152, 173, 174, 175, 176, 225, 226, 227, 228, 229, 234, 236, 238, 243, 244, 275, 282, 285, 286, 293, 295, 310, 434, 441, 444, 450, 451, 452, 455, 456, 471, 472, 474, 480, 502, 525, 526, 548, 549, 561, 584, 585, 586, 588, 603, 609, 610, 611, 613, 614, 656, 657, 658, 676, 777, 781, 782, 791, 793, 795, 797, 798, 808, 841, 853, 855
- Bedarfsanalyse 2, 149, 150
- Beeinträchtigungen 6, 359, 374, 379, 380, 381, 383, 384, 385, 386, 387, 388, 390, 547, 783
- Befinden 4, 253, 255, 256, 263, 268, 502, 599, 853, 855
- Behinderung 108, 149, 151, 416, 509, 510, 512, 513, 514, 541, 542, 543, 544
- Bekleidung 244, 279, 282, 396, 399, 400
- Belästigung 247, 253, 256, 257, 266, 267, 268, 270
- Belastungsanalyse 30, 367, 368, 565, 588, 617, 839
- Beleuchtungsbedingungen 231, 232, 233, 234
- Benutzerzentrierung 203
- Benutzungsmodell 61, 62
- Bereitschaftsdienste 367
- Bergbau 279, 282
- Berufliche Bildung 861
- berufliche Handlungskompetenz 651, 652, 653, 654, 849
- berufliche Integration 509, 513, 542
- berufliche Kompetenzentwicklung 647
- berufliche Rehabilitation 513
- Berufsbiografie 413, 819, 821
- Berufsförderungswerke 509, 512
- Berufswiedereingliederung 343, 346
- berufswissenschaftliche Forschung 659
- Beschäftigungsfähigkeit 5, 42, 286, 287, 301, 346, 643, 645, 750
- Beteiligung 47, 98, 148, 293, 314, 315, 316, 317, 319, 323, 420, 449, 481, 497, 502, 503, 681, 734, 735, 738, 739, 740, 911
- betriebliche Gesundheitsförderung 41, 301, 505
- Betriebsklima 5, 305, 506

Betriebsrat	294, 325, 341, 674, 737, 740, 755, 756, 757, 758, 869, 870, 871, 872	Digitale Fabrik	573, 837, 885, 888
Betriebszeit	363	digitales Menschmodell	408, 699, 837, 839, 840
Bewegungsanalyse	185, 575, 669, 671, 672, 718	Direkt-Endoskopie	625, 627, 628
Bewegungsapparat	173, 301, 412	Diskomfort	3, 163, 167, 169, 170, 173, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 187, 454, 455, 701, 702
Bewegungssimulation	112, 185, 575	Disparitätsminimierung	125
Bewertungskriterien	47, 49, 50, 83, 354	divided attention	709
Bildschirmarbeit	7, 103, 475, 477, 478, 529	Doppelaufgaben	721, 724
bildunterstützte Operation	47	Doppelhandschuhsystem	773, 774
Biomechanik	58, 59, 173, 672, 759	Dosis-Wirkung-Beziehung	551, 552, 555, 556, 557, 558
Biomechanische Simulationsrechnungen	487	duales System	513
Blickbewegungsanalyse	121, 122, 589, 590	dynamisches Maßkonzept	403
Blindbedienung	129	EAB	629, 632
Bodyscanner	391, 393, 395, 396	Eignungsprofil	290
BodyScanning	6, 399, 400, 401, 402	Ein- und Ausstieg	3, 173, 174, 175, 176, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 187, 843
Burnout	9, 593, 594, 597, 599, 600, 602, 610, 611, 612, 634, 635, 636, 856	Einsatz menschlicher Ressourcen	767, 770
Change-Management	13, 342, 833, 834, 835, 836	Einstieg	10, 173, 174, 175, 176, 363, 417, 646, 651, 675
Change-Prozesse	833, 834, 835, 836	Einzelhandel	11, 609, 612, 747, 748, 749, 750
Chemikaliensicherheit	343, 346	elektronische Gesundheitskarte	743, 746
Chirurgie	12, 376, 377, 441, 625, 773	Emotionale Erschöpfung	593, 609, 610, 611
Chronobiologie	359	Emotionale Intelligenz	763, 765
Co-Management	755, 869, 871	Emotionaler Gesamteindruck	85
CUELA	14, 434, 561, 562, 892, 893, 899, 900, 901	Emotionen	85, 633, 634, 699, 701, 702, 765, 768, 821, 822, 824, 825, 826
delikate Objekte	575	Entwickler	12, 48, 58, 76, 81, 91, 97, 189, 190, 191, 206, 214, 229, 238, 246, 300, 417, 427, 432, 554, 558, 640, 703, 784, 785, 805, 808, 815, 816, 817, 818, 872
Demografie	287, 293, 295, 296, 491, 497	Entwicklung der Arbeitsmedizin	41, 42, 43, 44
Demografischer Wandel	65, 73, 103, 294, 440	Entwicklungsprojekt	335
depth	709, 710, 711, 712, 883	E-Recruitment	679, 680, 682
Design für Alle	73	Erfahrung	47, 74, 76, 77, 83, 184, 221, 287, 303, 334, 347, 349, 361, 397, 679, 751, 752, 756, 816, 817, 824, 826, 917
Design Problem Solving	683, 686	Ergonomiebewertung	14, 297, 298, 299, 885, 886, 887
Desynchronisation	379, 383	Ergonomiekennntnis	1, 77
Detektionsgüte	231, 232, 234	Ergonomiemanagement	691, 692
Diabetes mellitus	12, 526, 527, 787, 790	Ergonomieverbesserung	297, 300
Dienstleistungsmanagement	461		
Dienstplangestaltung	367, 368, 371, 372, 373		
Digital Factory	891, 895		
Digital Human Modeling	34, 89, 402, 407, 840, 880, 888, 894, 903		
Digitale 3D-Menschmodelle	569		

- ergonomische Konstruktion 77, 300
- Erwerbstätigkeit 513, 515, 516, 541, 542
- EU-Arbeitsschutzstrategie 521, 524
- EU-Chemikalien-Verordnung REACH 695
- EU-Richtlinien 565, 632
- Evaluation 2, 3, 11, 48, 50, 60, 64, 76, 94, 95, 96, 98, 119, 140, 184, 192, 193, 218, 228, 234, 303, 348, 349, 350, 370, 413, 414, 434, 444, 448, 455, 459, 472, 480, 501, 502, 503, 532, 628, 646, 651, 654, 677, 713, 721, 724, 729, 730, 732, 750, 802, 804, 808, 831, 860, 865, 867, 868, 877, 888, 894, 898, 902
- exemplarische Gestaltung 351, 352, 353
- Expositionsermittlung 551, 552
- Fabrikplanung 419, 422
- Facharbeit 647, 650, 652, 653, 654, 659, 662, 852, 862, 863, 864
- Fachdidaktik beruflicher Fachrichtungen 923
- Fachkräftemangel 10, 207, 659, 660, 661, 662
- Fahr- und Steuertraining 199
- Fahren 34, 35, 151, 721, 761, 841, 843, 848
- Fahrerassistenzsysteme 121, 125, 137, 138, 149, 153, 699, 845
- Fahrersitz 185, 841
- Fahrerunterstützung 145
- Fahrerzustand 841, 842
- Fahrtauglichkeit 665
- Fahrzeug 2, 34, 51, 52, 53, 115, 116, 119, 122, 126, 133, 137, 138, 139, 149, 150, 151, 153, 154, 155, 157, 164, 169, 173, 176, 177, 181, 182, 184, 257, 399, 403, 404, 438, 439, 447, 552, 570, 583, 618, 651, 717, 718, 761, 808, 843, 846
- Fahrzeuginnenraumauslegung 403, 404, 405
- Fairness 7, 465, 467, 468
- Fall-Kontroll-Studie 551, 556, 624
- Farbunterscheidungsfähigkeit 533, 534, 535
- Farbwahrnehmung 8, 533, 534, 535, 536
- Feedbacklernen 145
- Feinmotorik 8, 215, 492, 493, 537, 538, 540
- Fertigungsplanung 297, 415
- Flankierreizparadigma 705, 708
- Flexibilität 39, 63, 139, 219, 295, 309, 317, 323, 355, 356, 357, 358, 359, 367, 422, 464, 633, 646, 655, 737, 749, 856, 877, 878, 879, 885
- flexible Arbeitszeiten 379, 383
- Fluglärm 247, 263, 264
- Fluglotsen 9, 589, 590
- Flugzeug 115, 247, 248, 561, 562, 563, 564, 585, 587, 588, 590, 699
- Formen von Arbeitszufriedenheit 819, 822
- Frage-Antwort-Technik 683, 686
- Frei-gemeinnützige Arbeit 751
- Führtisch 99, 100, 101, 102
- Führung 12, 13, 32, 204, 219, 220, 293, 315, 324, 328, 350, 465, 484, 497, 599, 717, 739, 740, 763, 764, 765, 766, 806, 831, 842, 853, 855, 856
- Führungskräfte 8, 318, 319, 323, 324, 325, 329, 330, 334, 341, 342, 465, 466, 467, 482, 486, 502, 504, 517, 518, 519, 520, 525, 526, 527, 528, 648, 680, 737, 738, 739, 764, 765, 766, 780, 853, 854, 855, 856
- Führungssubstitut 763
- Gebrauchstauglichkeit 1, 47, 50, 57, 58, 60, 74, 84, 98, 107, 157, 344, 442, 444, 687, 688, 689, 696, 699
- Gefährdungsbeurteilung 6, 8, 367, 368, 370, 456, 501, 502, 504, 547, 548, 550
- Gefahrenbewusstsein 207, 208, 210
- Gelenkmomente 429, 431
- Gender 777
- Generalisierbarkeitstheorie 249, 257, 258
- Genossenschaft 743, 745, 746
- Geographic information systems 193
- Geräte- und Produktsicherheit 69, 71, 72, 107, 565
- gerichtete Warnungen 137
- Geringfügige Beschäftigung 11, 747
- Geschäfts- und Arbeitsprozesse 13, 861, 863
- Geschichte 29, 169, 759
- Geschwindigkeitsempfehlungen 2, 133
- Gestaltungsorientierung 861, 863
- Gestaltungsparameter 293, 705

- Gesundheit 4, 6, 8, 39, 42, 43, 57, 69, 278, 285, 286, 287, 293, 294, 296, 301, 302, 304, 313, 315, 343, 362, 366, 373, 379, 380, 387, 390, 410, 412, 414, 433, 456, 479, 480, 482, 491, 492, 495, 501, 504, 505, 507, 508, 509, 518, 521, 522, 523, 524, 525, 526, 527, 528, 552, 561, 564, 600, 609, 613, 632, 657, 665, 695, 733, 777, 853, 855, 856, 912
 Gesundheitsverhalten 518, 525, 528, 777, 855
 Gesundheitswesen 11, 44, 285, 414, 575, 669, 743, 744, 745, 746, 877, 913, 915, 917
 Gewerbliche Schutzrechte 69
 Gewichte 617, 618, 635
 Gleitsichtbrillen 529, 531, 532
 Globalisierung 1, 37, 38, 40, 91, 211, 329, 339, 483, 525, 758, 833, 852
 Gonarthrose 561, 564, 624
 G-Theorie 247, 258
 guided error training 811, 812, 813
 Habitability 13, 873, 874
 Halswirbelsäulen-Tracking 669
 Haltungsanalyse 673
 Haltungsmodell 407, 410
 Handgeführte Bearbeitungsmaschinen 647
 Handhabung 34, 83, 97, 110, 190, 213, 215, 252, 450, 552, 568, 575, 586, 617, 618
 Handlungsfelder 37, 287, 293, 294, 321, 413, 461, 462, 484, 494, 828
 Handlungskompetenz 10, 13, 306, 652, 653, 654, 655, 656, 657, 658, 731, 849, 861, 863
 Handlungsvorbereitung 717, 718, 720, 845, 847, 848
 Haptik 129, 171
 Hautoberflächentemperatur 226, 781, 782, 783
 Head-Up Display 2, 115, 119, 125, 126, 127, 848
 helpdesk 695
 Herzfrequenz 225, 226, 227, 236, 586, 782
 Herzschlagfrequenz 4, 263, 264, 265, 275, 276, 277, 278, 586, 613, 614
 Hitze 48, 164, 226, 243, 271, 275, 278
 Hitzebelastung 275, 278
 Human-Machine Systems 873
 HWS-Provokationsdiagnostik 669
 Iconerkennung 1, 91
 Identifizierung 266, 351, 352, 368, 443, 445, 446, 506, 552, 660, 802, 803, 829
 Indikatoren der Arbeitsbeanspruchung 633, 634
 Infektionsschutz 243, 271, 275, 279, 773
 Information 3, 5, 11, 33, 35, 39, 72, 91, 98, 115, 126, 139, 148, 149, 172, 193, 196, 305, 307, 308, 325, 341, 359, 368, 399, 444, 448, 481, 485, 507, 637, 686, 705, 708, 713, 714, 721, 757, 803, 806, 814, 816, 846, 847, 868, 869, 871, 872, 878, 898, 910, 914, 915, 916, 917, 918
 Informationsflut 204, 354, 913, 915, 916, 918
 Innovation 95, 305, 308, 339, 340, 342, 457, 484, 520, 658, 665, 836, 844, 919
 Innovationsförderliche Unternehmenskultur 351
 Innovationsstress 517, 518, 519
 instabile Objekte 575
 interdisziplinär 47, 795
 interdisziplinäre Konstruktion 857
 interface design 11, 709
 Interkulturelle Kommunikation 329, 334
 interkulturelles Management 833
 internationale Kooperation 521
 IT-gestützte Arbeit 10, 655, 658
 Jugendarbeitsschutzgesetz 371, 374
 Jugendliche 301, 302, 371, 373, 541, 651
 K3-Modellierungstechnik 801, 802, 803
 Kälte 59, 225, 226, 227, 228, 235, 236, 237, 243, 245, 271, 273, 781, 782, 784
 Kältarbeit 4, 225, 226, 227, 228, 235, 236, 781, 784
 Kälteempfindungen 236, 781, 783, 784
 Käuferverhalten 107, 109, 110
 Kennzahlensystem 479
 Kennzeichnungen 107, 110
 Kfz-Service 651, 652, 653, 654
 Kinematik 717, 718, 719, 720, 839, 886
 Klassifizierung 438, 445, 446, 448, 673, 803
 Kleidung 235, 239, 279, 396, 397, 839
 Kleinbetriebe 497, 498, 523, 524
 Kleinkinder 2, 111, 112, 113

- Klinische Pfade 375, 376, 377
- KMU 7, 95, 97, 98, 308, 351, 352, 353, 479, 480, 481, 482, 498, 499, 500, 505, 508, 643, 645, 647, 695, 696, 697, 698, 736, 909, 910, 912
- Kognition 51, 204, 206, 665, 686, 825
- kognitive Beanspruchung 115, 118
- kognitive Modelle 29
- Kognitive Steuerung 203
- Kommunikation 5, 70, 115, 116, 133, 145, 201, 219, 221, 263, 267, 296, 305, 307, 308, 309, 310, 311, 312, 323, 329, 330, 332, 333, 334, 351, 352, 354, 374, 377, 445, 448, 484, 497, 503, 507, 590, 615, 744, 745, 755, 757, 758, 801, 830, 835, 839, 850, 867, 869, 871, 872, 879, 919
- Kompetenz 83, 287, 294, 329, 334, 345, 467, 498, 499, 500, 543, 652, 656, 657, 679, 697, 729, 732, 738, 744, 745, 755, 756, 757, 758, 764, 835, 850, 869, 878, 926
- Kompetenzentwicklung 35, 89, 114, 145, 211, 242, 278, 293, 354, 386, 579, 603, 651, 655, 656, 850, 864, 898, 912, 926
- Kompetenznetzwerk 499, 909, 911, 912
- komplexe Bewegung 181
- Komplexität 65, 125, 129, 152, 158, 271, 322, 325, 326, 335, 339, 344, 392, 416, 419, 437, 440, 441, 525, 569, 684, 689, 721, 722, 723, 724, 744, 756, 758, 801, 804, 805, 806, 854, 872, 877, 913, 917
- Kontaktanalgie 125
- Kontrastempfindlichkeit 12, 787, 788, 789
- konzeptive Ergonomie 581, 909, 910
- Kooperation 3, 71, 116, 145, 190, 207, 210, 211, 212, 267, 302, 312, 334, 339, 350, 374, 445, 454, 455, 461, 471, 500, 502, 565, 586, 629, 631, 643, 661, 695, 696, 697, 738, 754, 758, 762, 802, 819, 857, 861, 887, 921
- koordinative Entwicklung 111
- Körperhaltung 8, 9, 21, 22, 31, 53, 298, 407, 408, 410, 425, 429, 430, 431, 433, 434, 435, 441, 450, 458, 459, 460, 488, 489, 551, 554, 555, 556, 557, 558, 561, 562, 563, 564, 569, 572, 582, 586, 620, 621, 622, 623, 625, 629, 639, 673, 674, 675, 701, 702, 886, 887, 888
- körperliche Belastungen und Beschwerden 621
- Kraftfahrzeug 32, 119, 121, 124, 125, 155, 406, 582, 759, 760
- Kraftstoffverbrauch 135, 145, 146
- Kranführer 457, 458, 459
- Kultur 13, 94, 332, 334, 353, 354, 482, 612, 735, 766, 834, 836, 865, 866
- kultureller Einfluss 91, 865
- KVP 289, 291, 297, 299, 321, 415, 734, 735, 736
- lane change maneuver 141
- lange Arbeitszeiten 387
- Längsschnittuntersuchung 593
- Lärmbekämpfung 267, 268
- Lärmwirkungsforschung 4, 267, 268
- Laserschutzfilter 8, 533, 534
- Lastenhandhabung 8, 9, 290, 291, 300, 506, 547, 548, 549, 550, 551, 552, 554, 555, 556, 557, 558, 565, 566, 582, 584, 586, 620, 621, 622, 839, 886, 887
- Lästigkeit 4, 253, 254, 255, 258, 260, 261, 263, 264, 265, 266, 268, 270
- Lebensalter 53, 65, 67, 73, 109, 110, 238, 302, 492, 634, 781
- Lehr-/Lernsystem 3, 206, 211, 212, 213, 214
- Leistung 17, 23, 27, 105, 116, 164, 204, 216, 220, 232, 263, 264, 265, 267, 268, 293, 313, 437, 466, 468, 469, 473, 478, 540, 543, 568, 575, 576, 613, 665, 668, 699, 743, 753, 763, 806, 815, 816, 818, 819, 915
- Leistungsbeurteilung 465, 466, 467, 469
- Leistungsvermögen 289, 290, 301, 302, 603, 665
- Leistungswandlung 289, 290
- leitfadenbasiertes Coaching 505
- Leitzentralen 471, 472, 473, 474
- Lernpool 643
- Luftfracht 561
- Manuelles Schalten 169
- Maximale isometrische Ganzkörperkräfte 423
- Maximale isometrische Hand-Fingerkräfte 637
- Maximalkräfte 10, 188, 425, 426, 427, 429, 637, 639
- Mechatronik 857
- Medizintechnik 1, 81, 84, 165, 214, 441, 442, 443, 536, 699, 725
- Mensch-Computer-Interaktion 9, 445, 448, 569, 572, 804

- Menschliche Zuverlässigkeit 81
- Mensch-Maschine-Funktionsteilung 805, 808, 815
- Mensch-Maschine-Interaktion 29, 61, 91, 443, 444, 445, 743, 795, 796, 865, 867
- Mensch-Maschine-Schnittstelle 2, 79, 99, 102, 137, 138, 200, 721, 841
- Menschmodell 1, 29, 31, 33, 51, 55, 182, 185, 209, 221, 222, 403, 404, 407, 408, 410, 456, 572, 573, 699, 759, 760, 761, 762, 885, 894
- Mensch-Rechner-Interaktion 2, 103
- mentale Modelle 849, 850, 851, 881
- Menüstrukturen 115, 119
- Messung 59, 135, 201, 239, 242, 250, 252, 260, 297, 298, 391, 393, 395, 397, 410, 424, 427, 429, 472, 474, 506, 530, 563, 564, 586, 590, 594, 597, 602, 617, 618, 619, 636, 637, 638, 652, 730, 787, 788, 791, 793, 813, 894
- Methodentransfer 915
- Methodenverständnis der Technikwissenschaften 923
- Methodik 6, 12, 13, 48, 121, 174, 176, 181, 298, 335, 336, 349, 358, 396, 403, 405, 423, 439, 490, 509, 513, 547, 604, 605, 637, 746, 756, 791, 796, 828, 829, 830, 836, 860, 870, 877, 880, 888
- methodische Anforderungen 285
- Mikrotechnik 215
- Mindmapping 11, 691, 694
- Minijobs 747, 748, 749, 750
- Mitarbeiterbefragung 359, 450, 451, 466
- Mitarbeiterereinbindung 415
- Mixed reality 47, 49, 50
- mobile Kommunikation 309
- Modularisierung 7, 437, 439, 440, 689
- Monitor-Endoskopie 625, 627, 628
- Montage 78, 210, 212, 215, 216, 218, 219, 220, 221, 222, 300, 411, 412, 414, 419, 433, 437, 438, 439, 464, 491, 492, 493, 572, 581, 582, 583, 630, 687, 688, 689, 880, 886, 894, 917, 918
- Motion Capturing 14, 672, 891, 892, 894, 895
- Müllsammelbehälter 617, 618, 619, 620
- Multi Sector Planning 589, 590, 592
- Musikermedizin 791, 794
- Musikerstuhl 791, 792, 794
- Muskel-Skelett-Belastung 429, 430, 431, 433
- muskulo-skelettale Erkrankungen 909
- Nadelstichverletzungen 773, 775
- Narrative Grid Interviews 751
- neue Arbeitsformen 316, 655
- neue Handlungsfelder 37
- Neue Organisations- und Steuerungsformen 313
- neuroenergetische Stressdiagnose 603
- neuroenergetische Therapie 603
- Night Vision 2, 121, 127, 140
- NoiSeQ 253
- Normung 14, 17, 18, 68, 423, 429, 433, 436, 637, 761, 919, 920, 921, 922
- nutzerzentriert 404, 795
- Nutzungshäufigkeiten im Fahrzeug 153
- Nutzungskontext 1, 57, 58, 61, 62, 64, 865
- ökonomische Bewertung 767
- ökonomische Effizienz 767
- Okulographie 725
- Operationszentrale 445, 446, 447, 448, 801
- OP-Tisch 7, 441, 442, 443, 444
- organisationales Lernen 347
- Organisationsberatung 5, 325, 326, 328, 856
- Organisationsgestaltung 338, 339, 340
- OrthoMIT 441, 442, 444
- Outer Space 13, 873
- OWAS 10, 442, 626, 628, 673, 674, 675, 676, 901
- Parken 149, 150
- Parkstandsuche 149, 151, 152
- Particle swarm optimization 193, 196
- Partizipation 5, 312, 313, 314, 315, 316, 317, 318, 319, 320, 325, 326, 328, 339, 340, 342, 359, 474, 479, 736, 737, 738, 746
- Partizipative Layoutplanung 6, 419, 420
- Partizipatives Gesundheitsmanagement 313, 315, 316, 504
- Personal- und Organisationsentwicklung 8, 350, 505, 517, 518, 520, 645, 831
- Personalauswahlverfahren 679, 680, 681, 682

Personalentwicklungskonzepte	659	Projektmanagement	335
personalorientierte Simulation	375	Projektsimulation	335
Personalplanung	335, 853	Prozessführung	448, 805, 808, 823, 825, 826
Personalpool	643	Prozessgestaltung	320, 378, 479, 482, 583, 837, 838, 839
persönliche Ziele	819, 820, 821	Prozessoptimierung	6, 320, 375, 376, 414, 415, 737, 827
Pfadanalyse	593	Psychische Beanspruchung	9, 609
Pflegertätigkeiten	487, 490, 610	psychische Belastungen	320, 501, 504, 655, 658
physische Belastung	225, 378, 581, 603, 629, 781, 784	psychomentele Beanspruchung	613
Piktogramm	1, 91, 171	Psychomentele Belastung	613
praktisches Wissen	647	psychosoziale Beanspruchungen	603
Prävention	5, 7, 8, 41, 42, 43, 44, 287, 291, 301, 303, 433, 490, 501, 506, 508, 517, 521, 522, 549, 550, 558, 621, 624, 902, 909, 910	psychosoziale Belastungen	286, 603
Präventionsmaßnahmen	487, 550, 581	Qualifikation-Kompetenz	679
Präventives Gesundheitsmanagement	8, 517	Qualifizierung	298, 343, 504, 505, 645, 661, 735, 827
Primärprävention	909, 910	Ramie	163, 164, 168
Problemlösen	683, 686, 730, 731, 732	RAMSIS	1, 31, 33, 34, 51, 52, 53, 54, 55, 170, 181, 182, 184, 392, 403, 404, 406, 407, 410, 449, 450, 456, 572, 573, 699, 762, 838, 893, 894
Produkt- und Markenschutz	69, 70, 71, 72	realtypische Arbeitshaltungen	423, 637
Produkt- und Prozessgestaltung	11, 687, 688, 689, 690, 837, 840	Recht	362, 410, 454, 672, 763, 919
Produktentstehung	415, 689	redundancy	709, 710, 711, 712
Produktentwicklung	3, 10, 81, 82, 84, 91, 114, 189, 350, 354, 402, 582, 683, 687, 688, 690, 725, 840	Reihenmessung	6, 391, 392, 394, 397, 399, 400, 402, 761
Produktergonomie	1, 22, 28, 32, 45, 65, 73, 81, 85, 157, 189, 190, 617, 688, 689, 743, 913, 914	Reiz-Reiz-, Reaktions-Reaktions- und Reiz-Reaktions-Kompatibilität	17
Produktgestaltung	65, 75, 111, 190, 416, 436, 438, 439, 440, 688, 689, 837, 839, 919	Reliabilität	4, 242, 247, 250, 257, 260, 654, 888
Produktion	38, 39, 67, 79, 211, 212, 219, 222, 297, 319, 322, 324, 355, 364, 378, 416, 418, 419, 420, 422, 449, 464, 480, 483, 497, 525, 541, 565, 581, 583, 629, 687, 689, 738, 762, 798, 823, 825, 833, 850, 861, 917	Ressource	12, 145, 271, 294, 314, 315, 316, 323, 324, 326, 336, 339, 353, 375, 494, 498, 502, 503, 505, 506, 507, 508, 517, 518, 519, 520, 525, 526, 527, 528, 593, 600, 601, 602, 615, 636, 656, 687, 764, 768, 805, 807, 808, 815, 816, 817, 827, 854, 855, 856, 861, 885, 910
Produktionsergonomie	229, 238, 437, 554, 673, 688, 689, 691, 784, 785, 887, 888	Risiko- und Qualitätsmanagement	81
Produktionssystem	3, 5, 197, 203, 206, 211, 214, 219, 289, 291, 297, 317, 321, 322, 324, 325, 419, 422, 565, 569, 629, 833	Risikoanalyse	565, 581, 629
Produktkomplexität	65, 73, 74	Risikobewertung von Arbeitsplätzen	585
Produktprüfung	57, 58, 59, 60	Risikofaktoren	526, 527, 528, 575, 621, 886, 887
Prognosemodell	8, 188, 270, 509, 510, 511, 512, 513, 514, 515	Robotersysteme	95
		Rollenambiguität	517, 633, 634, 635, 636
		Safety and Health at Work	891, 895

- Schaltkomfort 169, 171
- Schichtarbeit 4, 263, 360, 361, 362, 363, 366, 367, 368, 370, 374, 383, 388, 434, 615
- Schichtplangestaltung 5, 294, 359, 362
- Schienenverkehr 2, 99, 270
- Schleifarbeitsplatz 449, 451
- Schleudertrauma 669, 672
- Schmiede 449, 451
- Sehen 127, 128, 179, 529, 530, 531, 532, 534, 665, 708, 725, 787
- Sehschärfe 25, 52, 53, 55, 231, 790
- Seilunterstützte Arbeitsverfahren 453
- Selbstkontrollanforderungen 10, 633, 634, 635, 636
- Selbstmanagement 11, 313, 729, 730, 732, 765
- Selbstwirksamkeit 294, 811, 813
- Selektive Aufmerksamkeit 705
- Semantisches Differential 247, 248
- Senioren 189, 190, 191, 192, 811
- Sensibilisierung 70, 72, 174, 505, 541, 542, 544, 584
- Sicherheitsbewusstsein 107, 110
- Sicht 13, 31, 32, 41, 47, 51, 74, 79, 84, 133, 192, 200, 201, 207, 213, 234, 238, 289, 318, 319, 321, 339, 387, 390, 404, 442, 467, 483, 500, 501, 528, 572, 588, 643, 644, 645, 646, 656, 660, 680, 686, 688, 693, 700, 701, 702, 717, 721, 734, 739, 740, 744, 749, 751, 753, 756, 776, 805, 839, 849, 856, 869, 870, 872, 877, 879, 914, 916, 921, 924
- Simulation 34, 136, 185, 188, 199, 202, 208, 216, 335, 336, 338, 376, 378, 417, 422, 444, 450, 451, 569, 571, 573, 585, 590, 762, 774, 802, 804, 838, 840, 844, 885, 887, 894, 904, 907
- situation awareness 712, 823, 824, 825, 826
- Sitzbelastung 12, 791
- Sitzdynamik 791, 793
- Sitzhaltung 23, 397, 457, 459, 841, 842, 843
- Sitzkomfort 88, 164, 177
- SizeGERMANY 6, 391, 392, 393, 394, 401, 402
- Sound Design 247
- Sozialarbeit 599, 602
- Sozialarbeitswissenschaft 599
- Spektralanalyse 380, 382, 383, 384, 386
- Spracheingabegeräte 95, 96, 97
- Spurwechselaufgabe 11, 717, 718, 719, 720, 721, 845
- Stakeholderorientierung 687
- Standardisierung 5, 317, 318, 319, 320, 399, 402, 735, 762, 877, 879, 914, 915, 917
- statisches Maßkonzept 403
- Stereoskopie 125, 126, 725
- Stress 308, 310, 441, 471, 519, 525, 526, 597, 602, 603, 604, 606, 616, 636, 730, 854, 856
- subjektives Erleben 751
- Suchaufgabe 10, 665, 721, 722
- Systementwicklung 61, 62, 199, 877
- Systemergonomie 11, 51, 149, 743, 746, 884
- Tätigkeitsanalysen 306, 367, 480, 501, 502, 503, 504, 506, 614
- Tätigkeitsbewertung 733, 736
- Tätigkeitsgestaltung 609, 733
- Tätigkeitstheorie 644, 857
- Technikdidaktik 14, 923, 924, 925, 926
- Techniknutzung 811, 812
- technische Assistenzfunktion 815
- Telematik 5, 309, 311, 312, 746
- Telepräsenztechnologie 3, 215, 216
- Testverfahren 306, 681, 713
- Thermischer Komfort 163, 164
- Thermophysiologie 243, 271
- Thermopuppe 239
- Tiefe 11, 63, 231, 322, 705, 706, 707, 708, 725, 726, 727, 728
- Trainingsevaluation 729
- Transfer 39, 348, 349, 659, 729, 730, 731, 913
- Transport 9, 140, 148, 235, 309, 404, 452, 479, 492, 575, 576, 577, 884
- Triadengespräch 347, 348, 349
- Tympanumtemperatur 235, 781, 782
- Übergewicht 301, 302, 303, 621
- Überwachung 110, 203, 205, 212, 309, 311, 445, 457, 459, 589, 625, 698, 808, 815, 823, 824, 917
- Umschulung 8, 509, 510, 511, 512, 513, 514, 515, 516

Un- und Angelernte	647	Wärmestrahlung	228, 239, 240, 241, 242, 245, 275, 276
Unfallvermeidung	121	Werkerführung	219, 220
Ungleichbehandlung	747	Werkzeug	6, 61, 81, 174, 337, 338, 363, 376, 419, 537, 538, 550, 581, 629, 630, 631, 697, 802, 804, 859
Unternehmensentwicklung	40, 328, 461, 517, 767, 768	whole shift field analysis	899
Unternehmenskultur	5, 294, 324, 329, 333, 340, 341, 342, 351, 353, 354, 484, 505, 677, 738, 834, 836	Wirbelsäulenbelastung	7, 487, 488, 489, 490, 551, 552, 554, 555, 556, 557, 559, 567, 620
Unternehmensstrategie	7, 483, 484, 485, 486	Wirbelsäulenerkrankungen	407, 555
Usability	3, 13, 47, 49, 50, 61, 74, 76, 81, 83, 84, 91, 94, 95, 97, 98, 148, 153, 161, 189, 191, 192, 193, 196, 345, 441, 442, 444, 569, 688, 690, 808, 817, 826, 860, 865, 866, 867, 868	Wirkungsketten-Analyse	767, 769
User Integration	3, 189, 190, 191	Wirtschaftliche Anreize	521, 522, 523
Useware-Engineering	1, 61, 62, 63, 64	Wirtschaftlicher Nutzen	500
UTCI	4, 243, 244, 245, 246, 271, 272, 274	Wirtschaftlichkeit	344, 449, 508, 524, 603, 605, 696, 737, 910
Veränderungsprozess	321, 483	Wissensbestände der Technikwissenschaften	923
Verantwortungswahrnehmung	827, 828	Wissensmanagement	211, 339, 342, 343, 344, 347, 349, 350, 662, 695, 696
Verbesserungspotentiale	13, 867, 869, 871	Wohlbefinden	6, 34, 57, 170, 236, 286, 315, 373, 379, 380, 387, 525, 753, 761, 777, 778, 779, 780, 821
Verbraucherschutz	18, 69, 70	Workflowmanagement	913, 914
Verbundprojekte	267	Work-Life-Balance	12, 517, 777, 778, 779, 780
Verfahrenssammlung	57	Zähneputzen	111, 112, 114
Verkehrsführung	133, 136	Zeitreihenanalysen	379
Verkehrslärm	253, 257	Zeitwirtschaft	11, 733, 734, 735, 736, 737, 738, 739
Verkehrslast	589, 590, 591, 592	Zielvereinbarung	737, 738, 739, 856
Vertrauen	49, 50, 465, 738, 755, 756, 757, 758, 768, 869, 872	Zwangshaltungen	8, 300, 438, 547, 548, 550, 584, 841
Vibration	217, 266, 270, 537, 540		
Video	47, 74, 140, 209, 216, 442, 450, 576, 590, 628, 673, 674, 675, 802, 811, 812, 813, 817, 868, 876		
Virtuelle Realität	199, 200, 202, 208, 421, 725, 728, 796, 798, 826, 903		
Virtuelle und Erweiterte Umgebungen	207		
Visual-Communication Design	873		
Visualisierung	2, 47, 125, 126, 200, 447, 570, 573, 694, 803, 823, 825, 839, 885, 913, 914		
visuelle Beanspruchung	116, 725, 727		
Visuelle Prüftätigkeiten	231		
Visuelle Wahrnehmung	713		
Vorfeldlader	561		
Vorsorge	41, 43, 44, 547, 548, 550		
Wärmeisolation	242, 244, 279, 280, 281		

Autorenverzeichnis

ABENDROTH	121	BROOKHUIS	721
ABLAßMEIER	115	BROSZAT	517
ADOMEIT	107	BROY	157
AHRENS	309	BRUDER	121, 565, 581, 585, 589, 613, 629, 909
ALPERS	525	BRÄUNING	725
ANGERER	301	BRÖDE	239, 243, 263, 271, 275, 359
APPEL	791	BRÜNNER	533
ASSMANN	181	BUBB	29, 51, 141, 149, 153, 177, 181, 185, 407, 449, 569
ANDRIES	207	BUCH	411
BABALIK	77, 163	BUDDHDEV	537
BACKHAUS	561, 617	BUTENHOF	819
BAHAMODES	501	BÖCKELMANN	787
BAHLOW	325	BÖDCHER	61
BARCENAS	891	CENGIZ	163
BASZENSKI	355	COST 730 Working Group ¹⁵	
BECK	629		243, 271
BECKER	415	DE RIDDER	47
BENGLER	115, 157	DEILMANN	343, 695
BENKHOFF	747	DI PARDO	891, 903
BERG	423, 429, 637	DIAZ-ZELEDON	575
BERGANDE	457	DICK	347, 751
BERGMANN	551, 555	DIEL	363
BERGMEIER	125	DIESTEL	593, 633
BICHLER	173	DITCHEN	551, 555
BIERFREUND	95	DOIL	795
BINKOWSKI	471	DOISL	149
BLEYER	57	DOMBROWSKI	419
BLUM	665	DORN	297
BOGERD	279	DREHER	145
BOGUS	297	DRUPP	497
BOLM-AUDORFF	551, 555	DUNKEL	313
BONITZ	497	DÜWEL	849
BOPP	585, 613	EBERHARD	687
BRANDL	407	ECKEBRECHT	647
BRAUN	199		
BREMSE	305		
BREUTMANN	919		

EHLER	891	GRZECH-ŠUKALO	367, 371
EINHAUS	453	GUDE	717, 725
EISENACHER-ABELEIN	433	GUDEHUS	891
ELLEGAST	429, 433, 551, 891, 899	GÄRTNER	461, 629
ELSLER	521	GÖRLICH	61
ENDERLEIN	321	GÖTTEL	517
ENGSTLER	407, 891	GÜNDEL	301
ERDMANN	565	GÜNDÜZ	163
ERMERT	231	HAASLER	647
EULER	755, 869	HACKEL	857
FALKENSTEIN	713, 721	HACKER	609, 683
FEHR	509	HARTMANN	351, 547, 923
FELTEN	561, 617	HASELBERGER	199
FESL	325	HAUBERT	841
FLICK	569	HAVENITH	239, 243, 271
FREIBERG	491	HEEG	603
FREUDENTHAL	47	HEINMÜLLER	301
FRIELING	411	HEINZE	669
FRIESDORF	189, 617, 743, 877, 913, 913, 915	HELBIG	585, 613
FRITZSCHE	185, 885, 891	HELLERT	359
FRÖLICH	629	HENNERSDORF	419
FUCHS	121	HENNING	137
FÜHRLINGER	177	HENSEL	833
GEBHARDT	65, 73, 107, 475, 621	HERMANNS	899
GEIß	555	HERMET	747
GENKOVA	329, 465, 777	HERR	589
GERARDS	479	HERZOG	305
GERST	737	HILLA	289, 301
GHEZEL-AHMADI	909	HILLECKE	449
GIEBEL	379, 383, 387	HINRICHS	501
GLENDÉ	189, 743	HOENSCH	763
GLITSCH	429	HOFMANN	717, 773, 845
GLÖCKNER	827	HOLLMANN	95
GOLDHAHN	733	HOLZHÄUSER	363
GRAMß	823	HOPPE	471
GRANDT	103, 203, 207, 211, 335	HORN	387
GRIEFAHN	247, 253, 257, 263, 267, 275, 359	HORNBERGER	293
GROSJEAN	705, 709	HRDINA	375
		HUSEMANN	537
		HÄNECKE	367, 371
		HÖFER	363

HÜNTING	433	KÖCK	679
IBACH	441	KÖSTER	509
JASCHINSKI	529	KÖTTER	325
JASTRZEBSKA-FRACZEK	85	KÖVER	773
JENDRITZKY	243, 271	LANDAU	575, 581, 585
JENEWEIN	923	LANG	69, 107, 343, 475, 695
JORDAN	487	LANGE	141, 673
JUBT	561, 617	LANGENBUCHER	533
JUNG	613	LAUER	441
JÄGER	487, 551, 555, 625	LENNINGS	363
KAIN	815	LETZEL	41
KAISER	173	LEUCHTENBERG	121
KALKOWSKY	279	LEY	445, 801
KALTENBRUNNER	437	LINDBERG	133
KAMPMANN	243, 271, 275, 279	LINDNER	137
KAUSCH	335	LINHARDT	551, 555
KEIL	483	LUTHERDT	669
KELLEM	599	LUTTMANN	487, 555, 625
KELLER	231	MAIER	129, 169, 403
KIENAST	137	MARKS	267
KIKOVA	669	MASALI	873
KINNE	537	MATTLE	279
KLAFFKE	861	MAYER	203, 211
KLEY	517	MCADAMS	193
KLINKER	133	MECKE	795
KLIPPERT	891	MEIDENBAUER	301
KLUSSMANN	65, 73, 107, 475, 621	MEIXNER	61
KLUTH	225, 235, 781	MELZER	609, 683
KOHN	655	MENGEL	329
KRALJ	773	MENOZZI	457, 665
KRATZER	313	MENZ	313
KRAUSE	501	MERGL	177
KREBS	919	METZLER	449
KREHER	415	MIAO	91, 865
KREMS	137	MICHAELIS	551, 555
KRÄMER	919	MILICIC	115
KUGLER	909	MOHAIS	193
KUHN	487	MOHRLANG	437
KUKLANE	239	MONACELLI	903
KUNZE	483, 827	MUELLERBUCHHOF	729
KUSSEROW	433		

MUSEKAMP	651	RENTZSCH	99
MUSSGNUG	691	RICHARDS	279
MÖSKEN	751	RIEDEL	537
MÜHLSTEDT	837	RIEGER	621
MÜLLER	247, 403	RINKENAUER	705, 709, 717, 721
MÜLLER-ARNECKE	65, 73	RISSIEK	399
MÜTZE-NIEWÖHNER	461	ROCHHOLD	461
NACHREINER	379, 383, 387	RODRIGUEZ	569
NACHTWEI	805	ROMBOUTS	321
NEUBACH	633	RÖBEN	923
NEUHÖFER	207	RÖSE	91
NEUPERT	509, 513	RÖTTING	873
NICKOLAI	565	RÜLICHE	479, 505
NIETHAMMER	923	RÜTERS	387
NIKOV	193	SABBAH	185, 453
NOLTING	343	SABOROWSKI	729
NOVER	695	SACHER	153
NOWAK	301	SAILER	679
NÖLLE	95	SANDROCK	247, 253, 257
ODENTHAL	203, 211	SAßMANNSHAUSEN	343, 695
PAARMANN	351	SCHAEFER	699
PACKEBUSCH	305, 505	SCHAUB	423, 429, 565, 581, 629, 637, 891, 895, 909, 919
PATZELT	509	SCHLACHT	873
PAUL	795	SCHLATTERER	565
PAVEZ	501	SCHLICK	103, 203, 207, 211, 335
PENZKOEFER	225, 235, 781	SCHLOßMACHER	787
PETROV	129	SCHMAUDER	437
PIEPER	69	SCHMICKER	351, 643
PLATH	791	SCHMIDT	445, 483, 593, 633
PLAVSIC	881	SCHNEIDER	103, 231
PODTSCHASKE	189, 743	SCHOMANN	383, 387
POPIV	141	SCHRÖDER	317, 643
POST	433	SCHWARZ	465
RADERMACHER	441	SCHWIRTZ	173
RADI	215	SCHÄFER	69, 343, 475, 695
RAMI	755, 869	SCHÜPBACH	501
RAUPACH	733	SCHÜRER	533
REINHART	215	SCHÜTTE	145, 247, 253, 257, 267, 275
REITER	215		
REMLINGER	51		
RENNERT	509, 513		

SEIDL	391, 395, 399	WAHID	193
SEIDLER	551, 555	WAKULA	423, 429, 637
SEITZ	81	WALTER	533
SELIGER	99	WANDERS	69
SESSA	891	WANIELIK	137
SICHERT-HELLERT	359	WASCHER	713
SINN-BEHRENDT	585, 909	WEBER	305, 505
SLESINA	509, 513	WEGSCHEIDER	541
SPANNER-ULMER	137, 321, 483, 827, 833, 837, 841	WEHNER	347, 751
SPATH	199	WEICHEL	411
SPIEKER	767	WEIGEL	137
SPÖTTL	651	WESSEL	169
STARK	725	WIESBECK	219
STECK	891	WILDE	501, 853
STEFL	599	WILKES	103
STEIMLE	317	WILSCHUT	721
STEINER	759	WINDBERG	107
STOCK	375	WINDEL	57
STOLL	791	WINDELBAND	659
STORK	285, 301	WINKELMANN	683
STRASSER	17, 225, 231, 235, 781	WINKELS	305
STRUVE	811	WINTER	565, 581
STÜDELI	47, 111	WIRSCHING	391, 395, 399
SURY	457	WIRTZ	379, 383, 387
SÖKELAND	625	WITTE	669
TACKENBERG	335	WITTMANN	773
THEILMEIER	487	WOHLFARTER	673
THERMPROTECTnetwork	239	WORTMANN	487
THOMA	133	WÖLK	339
THOMZIK	517	WÖRMANN	329
TOPEL	65	ZACHER	699
TRIEB	391, 395, 399	ZICK	891
TÜMLER	795	ZIESCHANG	433, 491
ULLRICH	437	ZINK	37, 317, 687
UNGER	841	ZUMBUSCH	181
VON HOERNER	625	ZÄH	219
VON WILAMOWITZ-MOELLENDORFF		ZÜLCH	375

ISBN 978-3-936804-06-5
